Abastecimento de Água

Operação, manutenção e monitoramento de estações de tratamento de água

Guia do profissional em treinamento

Nível 1

Promoção Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA

Realização Núcleo Regional Nordeste – NURENE

Instituições integrantes do NURENE Universidade Federal da Bahia (líder) | Universidade Federal do Ceará | Universidade Federal da Paraíba | Universidade Federal de Pernambuco

Financiamento Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia | Fundação Nacional de Saúde do Ministério da Saúde | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades

Apoio organizacional Programa de Modernização do Setor de Saneamento – PMSS

Abastecimento de Água

Operação, manutenção e monitoramento de estações de tratamento de água

Guia do profissional em treinamento

Nível **1**

AXX Abastecimento de Água: Operação, manutenção e monitoramento de estações de tratamento de água: guia do profissional em treinamento: nível 1 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: ReCESA, 2008. 112 p.

Nota: Realização do NURENE – Núcleo Regional Nordeste; coordenação de Viviana Maria Zanta, José Fernando Thomé Jucá, Heber Pimentel Gomes e Marco Aurélio Holanda de Castro.

1. Água e saúde pública. 2. O Laboratório no Contexto da ETA: Pontos de Amostragem, Coleta e Preservação de Amostras, Interpretação de Resultados 3. Manutenção e calibragem de equipamentos. Procedimentos Analíticos: cor, turbidez, pH, cloro residual, alumínio e fluoretos 4. Abastecimento de água - Aspectos ambientais. Noções Básicas de Tratamento de Água. 5. Medição de Vazão e Dosagem de Produtos Químicos. 6. Operação de ETA's de filtração lenta, filtração direta, flotofiltração, clarificação por contato (filtro russo) e tratamento convencional. 7. Manutenção Preventiva e Corretiva de Equipamentos 8. Equipamento de Proteção Individual e Coletiva, Manuseio e Armazenamento de Produtos Químicos.

CDD – XXX.X

Coordenação Geral do NURENE
Profª. Drª. Viviana Maria Zanta

Profissionais que participaram da elaboração deste guia
Ana Carolina L. S. Mendes de Meneses | Carmem Lúcia M. Gadelha
João Paulo Neto | Wamberto Raimundo da Silva Júnior | Taysa Tamara Viana Machado

Central de Produção de Material Didático
Alessandra Gomes Lopes Sampaio Silva | Danilo Gonçalves dos Santos Sobrinho
Patrícia Campos Borja | Silvio Antonio Pacheco Filho
Vivien Luciane Viaro

Projeto Gráfico
Marco Severo | Rachel Barreto | Romero Ronconi I Silvio Pacheco

Impressão
Fast Design

Apresentação da ReCESA

A criação do **Ministério das Cidades** no Governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em 2003, permitiu que os imensos desafios urbanos passassem a ser encarados como política de Estado. Nesse contexto, a **Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental** (SNSA) inaugurou um paradigma que inscreve o saneamento como política pública, com dimensão urbana e ambiental, promotora de desenvolvimento e redução das desigualdades sociais. Uma concepção de saneamento em que a técnica e a tecnologia são colocadas a favor da prestação de um serviço público e essencial.

A missão da SNSA ganhou maior relevância e efetividade com a agenda do saneamento para o quadriênio 2007-2010, haja vista a decisão do Governo Federal de destinar, dos recursos reservados ao Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), 40 bilhões de reais para investimentos em saneamento.

Nesse novo cenário, a SNSA conduz ações de capacitação como um dos instrumentos estratégicos para a modificação de paradigmas, o alcance de melhorias de desempenho e da qualidade na prestação dos serviços e a integração de políticas setoriais. O projeto de estruturação da **Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA** constitui importante iniciativa nessa direção.

A ReCESA tem o propósito de reunir um conjunto de instituições e entidades com o objetivo de coordenar o desenvolvimento de propostas pedagógicas e de material didático, bem como promover ações de intercâmbio e de extensão tecnológica que levem em consideração as peculiaridades regionais e as diferentes políticas, técnicas e tecnologias visando capacitar profissionais para a operação, manutenção e gestão dos sistemas e serviços de saneamento. Para a estruturação da ReCESA foram formados Núcleos Regionais e um Comitê Gestor, em nível nacional.

Por fim, cabe destacar que este projeto tem sido bastante desafiador para todos nós: um grupo predominantemente formado por profissionais da área de engenharia que compreendeu a necessidade de agregar outros olhares e saberes, ainda que para isso tenha sido necessário "contornar todos os meandros do rio, antes de chegar ao seu curso principal".

Comitê Gestor da ReCESA

NURENE

O Núcleo Regional Nordeste (NURENE) tem por objetivo o desenvolvimento de atividades de capacitação de profissionais da área de saneamento, em quatro estados da região Nordeste do Brasil: Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco.

O NURENE é coordenado pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), tendo como instituições co-executoras a Universidade Federal do Ceará (UFC), a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

O NURENE espera que suas atividades possam contribuir para a alteração do quadro sanitário do Nordeste e, consequentemente, para a melhoria da qualidade de vida da população dessa região marcada pela desigualdade social.

Coordenadores Institucionais do NURENE

Os Guias

A coletânea de materiais didáticos produzidos pelo NURENE é composta de 19 guias que serão utilizados nas Oficinas de Capacitação para profissionais que atuam na área de saneamento. Quatro guias tratam de temas transversais, quatro abordam o manejo das águas pluviais, três estão relacionados aos sistemas de abastecimento de água, três são sobre esgotamento sanitário e cinco versam sobre o manejo dos resíduos sólidos e limpeza pública.

O público alvo do NURENE envolve profissionais que atuam na área dos serviços de saneamento e que possuem um grau de escolaridade que varia do semi-alfabetizado ao terceiro grau.

Os guias representam um esforço do NURENE no sentido de abordar as temáticas de saneamento segundo uma proposta pedagógica pautada no reconhecimento das práticas atuais e em uma reflexão crítica sobre essas ações para a produção de uma nova prática capaz de contribuir para a promoção de um saneamento de qualidade para todos.

Equipe da Central de Produção de Material Didático – CPMD

Apresentação da área temática

Abastecimento de Água

Um dos desafios que se apresenta hoje para o saneamento é a adoção de tecnologias e práticas para o uso racional dos recursos hídricos e controle de perdas em sistemas de abastecimento. Em termos qualitativos, exige-se a preservação dos mananciais e o controle da qualidade da água para consumo humano. O atendimento a esses requisitos proporcionará uma maior eficiência e eficácia dos sistemas de abastecimento de água, garantindo, conseqüentemente, o direito social à água.

Conselho Editorial de Abastecimento de água

SUMARIO

Água e Saúde Pública

OBJETIVOS:

Apresentar a importância da qualidade da água para consumo humano e o controle do padrão de potabilidade.

O papel essencial da água para a sobrevivência humana e para o desenvolvimento das sociedades é de conhecimento geral, ou seja, a água tem influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento do ser humano. Durante toda a história, o homem buscou locais onde há, predominantemente, a presença de água em condições tais que possa ser usada, no mínimo, para suas necessidades básicas. Dessa forma, pode-se inferir que esta é fator limitante ou condicionante de todo e qualquer desenvolvimento econômico e social. O abuso contínuo no aproveitamento desse recurso natural leva à degradação da qualidade da água, à sua escassez e à deterioração geral do meio ambiente (NIEMCZYNOWICZ, 1992).

À medida que a população e a indústria crescem, a demanda por água aumenta, tornando seu suprimento um problema cada vez mais grave. Um estudo realizado por Postel (1993), afirma que, desde 1950, o uso global de água mais do que triplicou. Levando-se em conta que a carência desse bem é uma grave restrição à produção de alimentos, ao desenvolvimento econômico e à proteção dos sistemas naturais, algumas medidas técnicas e econômicas devem ser tomadas tendo como finalidade: melhorar a eficiência na gestão dos recursos hídricos, visando reduzir o desperdício de água na agricultura, na indústria e nos sistemas públicos de abastecimento, bem como promover redução das cargas poluidoras dos efluentes lançados nos corpos d'água.

Existem registros sobre a compreensão da associação entre água de consumo humano e saúde, datados dos tempos mais remotos. Contudo, essa compreensão verifica-se apenas em algumas poucas situações e em algumas culturas e tem bases explicativas muito distintas das atualmente disponíveis do conhecimento científico moderno. Identificam-se desde cuidados com a qualidade da água de consumo, como o relato do ano 2000 a.C, na Índia, recomendando que "a água impura deve ser purificada, através da fervura pelo fogo, pelo aquecimento no sol, mergulhando um ferro em brasa dentro dela, ou ainda por filtração em areia ou cascalho, e então resfriada" (USEPA, 1990). Outras civilizações também se preocupavam com a questão do saneamento ambiental conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1. Flagrantes da preocupação de civilizações antigas com a questão do saneamento ambiental.

O estudo, "Além da Escassez: Poder, Pobreza e a Crise Mundial do Fornecimento de Água (PNUD, 2006), cita os vários casos de doenças e mortes que poderiam ser evitadas com o fornecimento adequado de água e esgotamento sanitário. Anualmente, 1,8 milhão de crianças morrem de diarréia (o equivalente a 205 crianças por hora), 443 milhões faltam à escola por doenças causadas pelo consumo de água inadequada e metade da população dos países em desenvolvimento passa por algum problema de saúde dessa natureza. A Figura 2 apresenta alguns flagrantes da situação atual do saneamento em algumas comunidades no Brasil.

Figura. 2. Flagrantes da situação atual do saneamento em algumas comunidades no Brasil.

Um grande desafio dos tomadores de decisão é atender às necessidades da população sem comprometer a possibilidade das futuras gerações terem suas necessidades atendidas. Na busca desse desenvolvimento sustentável, o uso da água de maneira responsável é um dos principais objetivos da gestão democrática.

Problemas de saúde decorrentes da má qualidade da água para consumo humano

A qualidade da água, por si só (em particular a qualidade microbiológica da água), tem uma grande influência sobre a saúde. Se não for adequada, pode ocasionar surtos de doenças e causar sérias epidemias. Os riscos à saúde, associados à água, podem ser de curto prazo (quando resultam da poluição de água causada por elementos microbiológicos ou químicos) ou de médio e longo prazos (quando resultam do consumo regular e contínuo, durante meses ou anos, de água contaminada com produtos químicos, como certos metais ou pesticidas).

A importância sanitária do abastecimento de água é das mais ponderáveis. A implantação ou melhoria dos serviços de abastecimento de água traz como resultado uma rápida e sensível melhoria na saúde e nas condições de vida de uma comunidade, principalmente, por meio do controle e prevenção de doenças. Constitui o melhor investimento em beneficio da saúde publica.

Dos muitos usos que a água pode ter, alguns estão intimamente relacionados com a saúde humana, podendo se dar de forma direta ou indireta:

- Forma direta – água utilizada como bebida, preparação de alimentos, higiene corporal ou a que, por razões profissionais ou outras quaisquer, venham a ter contato direto com a pele ou mucosa do corpo humano.
- Forma indireta – água empregada na manutenção da higiene do ambiente e em especial, dos locais, instalações e utensílios utilizados no manuseio, preparo e ingestão de alimentos. Como também, água utilizada na rega de hortaliças ou nos criadouros de moluscos, peixes, camarões, mariscos e mexilhões.

Tanto a qualidade quanto a quantidade de água têm grande importância na prevenção de doenças, pois sua escassez dificulta a limpeza corporal e do ambiente, permitindo, assim, a disseminação de enfermidades associadas à falta de higiene.

A classificação ambiental das infecções relacionadas com a água, segundo Cairncross e Feachem (1990), origina-se da compreensão dos mecanismos de transmissão, que se agrupam em quatro categorias:

- transmissão hídrica: ocorre quando o patogênico encontra-se na água que é ingerida (diarréias e disenterias, febres entéricas, poliomielite, hepatite A, leptospirose, ascaridíase e tricuríase);
- transmissão relacionada com a higiene: identificada como aquela que pode ser interrompida pela implantação de higiene pessoal e doméstica (diarréias e disenterias, febres entéricas, poliomielite, hepatite A, leptospirose, ascaridíase e tricuríase; Infecções

da pele e dos olhos, tifo transmitido por pulgas e febre recorrente transmitida por pulgas);

- transmissão baseada na água: caracterizada quando o patogênico desenvolve parte de seu ciclo vital em um animal aquático (por penetração na pele – esquistossomose, por ingestão – difilobotríase e outras infecções por helmintos);
- transmissão através de um inseto vetor: na qual insetos, que procriam na água ou cuja picadura ocorre próximo a ela, são os transmissores (picadura próximo à água – doença do sono, procriam na água – filariose, malária, arboviroses (febre amarela, dengue e leishmaniose).

A Situação Atual do Abastecimento de Água

Distribuição de água no planeta

Embora três quartos da superfície terrestre sejam compostas de água, a maior parte não está disponível para consumo humano, pois 97% é água salgada, encontrada nos oceanos e mares e 2% formam geleiras inacessíveis (Figura 3).

Apenas 1% de toda a água é doce podendo ser utilizada para consumo do homem e animais. E, deste total, 97% estão armazenados em fontes subterrâneas.

As águas doces superficiais – lagos, rios e barragens – utilizadas para tratamento e distribuição nos sistemas de tratamento vêm sofrendo os efeitos da degradação ambiental que atinge cada vez mais intensamente os recursos hídricos em todo o mundo.

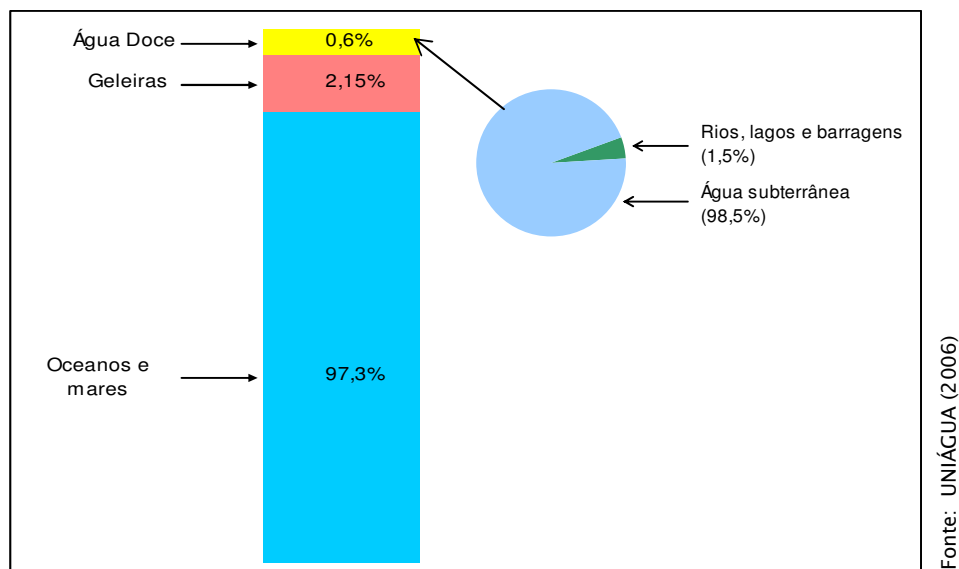



Figura 3. Distribuição de água no planeta.

O Brasil detém 13,8% de toda a água doce superficial da Terra (UNIÁGUA, 2006). Deste percentual, 68,5% está localizada na Região Norte e apenas 31,5% está distribuído de forma desigual pelo resto do país, sendo esta última parcela responsável pelo abastecimento de 92,3% da população brasileira (Quadro 1).

Apesar da grande disponibilidade do Brasil, ainda vivemos situações de carência na região Nordeste, principalmente, durante os períodos de estiagens prolongados. Esse problema vem se manifestando em outras partes do País devido a falhas de suprimento, a cultura de desperdício, superexploração, além de fatores climáticos.

Quadro 1. Distribuição da população, recursos hídricos e disponibilidade hídrica no Brasil.

Região	População (hab)	(%)	Recursos Hídricos (%)	Disponibilidade Hídrica (m^3/hab.ano)
Norte	12.919.949	7,6	68,5	494.445
Nordeste	47.676.381	28,1	3,3	3.853
Sudeste	72.262.411	42,6	6,0	4.545
Sul	25.071.211	14,8	6,5	14.824
Centro-Oeste	11.611.491	6,8	15,7	64.273

Fonte: Adaptado de Maia Neto (1997)

Situação do Abastecimento no Brasil

Para compreender a situação do abastecimento no Brasil é necessário considerar os vários aspectos relacionados com o tema, como a população efetivamente atendida, a quantidade de água tratada e distribuída, os tipos de tratamento utilizados, as redes existentes e sua manutenção, a incidência de racionamento de água e as perdas de água.

A evolução da prestação dos serviços de abastecimento de água no Brasil, apresentada na Figura 4, demonstra a forte elevação dos índices de atendimento a partir da década de 70 – com a instituição do PLANASA, época de grande disponibilidade de recursos.

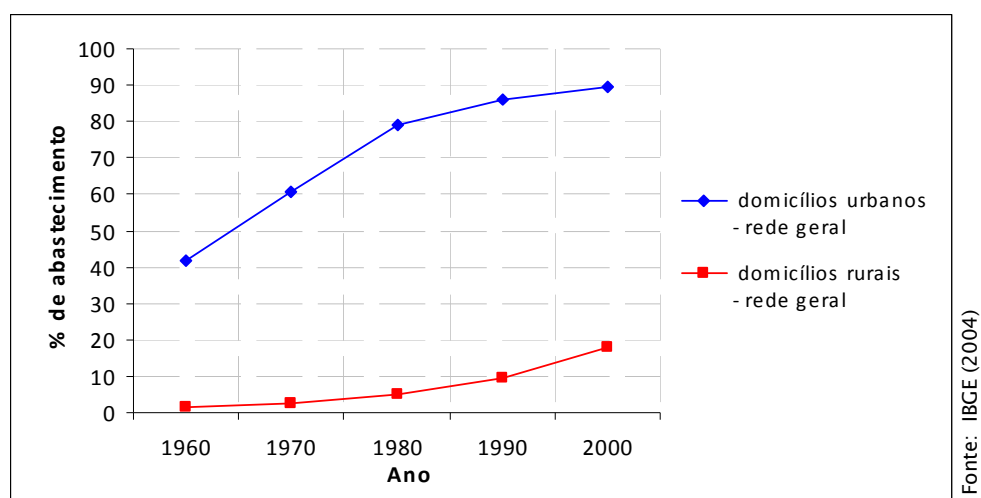



Figura 4. Evolução dos Serviços de Água no Brasil (%).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, elaborou por meio de amostragem o índice de atendimento total de água distribuído em 5 faixas percentuais, segundo os estados brasileiros, conforme apresentado na Figura 5. Pode-se observar que São Paulo, Mato Grosso do Sul e Brasília apresentaram os maiores índices de atendimento total de água. Na contramão dessa realidade está o estado de Rondônia.

Fonte: SNIS (2005)

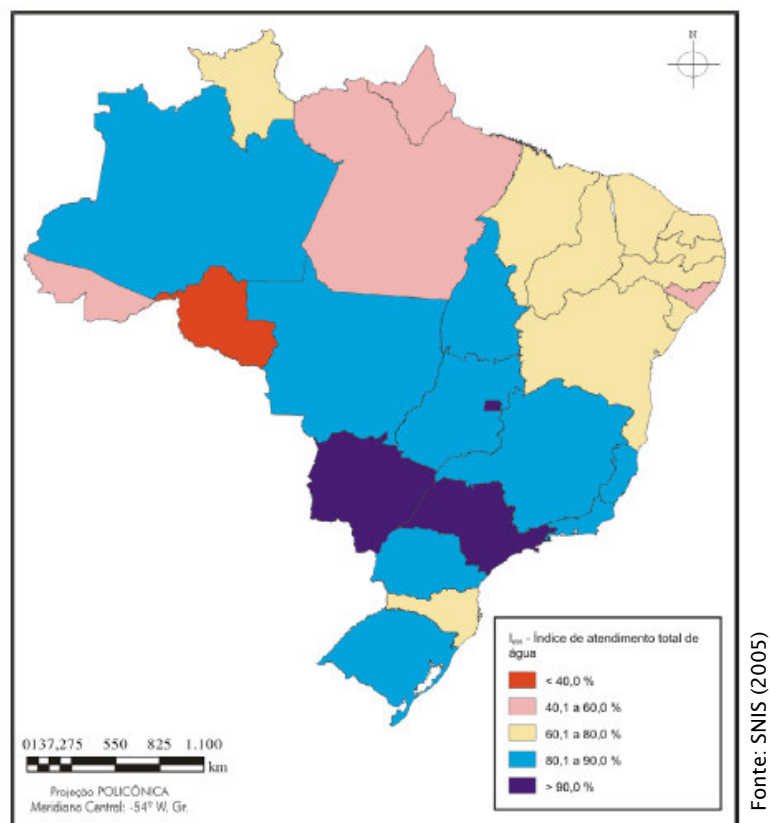



Figura 5. Representação espacial do índice de atendimento total de água dos participantes do SNIS em 2004, distribuído por faixas percentuais, segundo os estados brasileiros.

Com relação ao tratamento da água distribuída, destaca-se que entre 1989 e 2000, o número de estações de tratamento aumentou no País, numa proporção de 83,5%, tendo passado de 2.485 para 4.560, entre unidades de tratamento convencional e não-convencional (Figura 6), segundo informações do IBGE (2004).

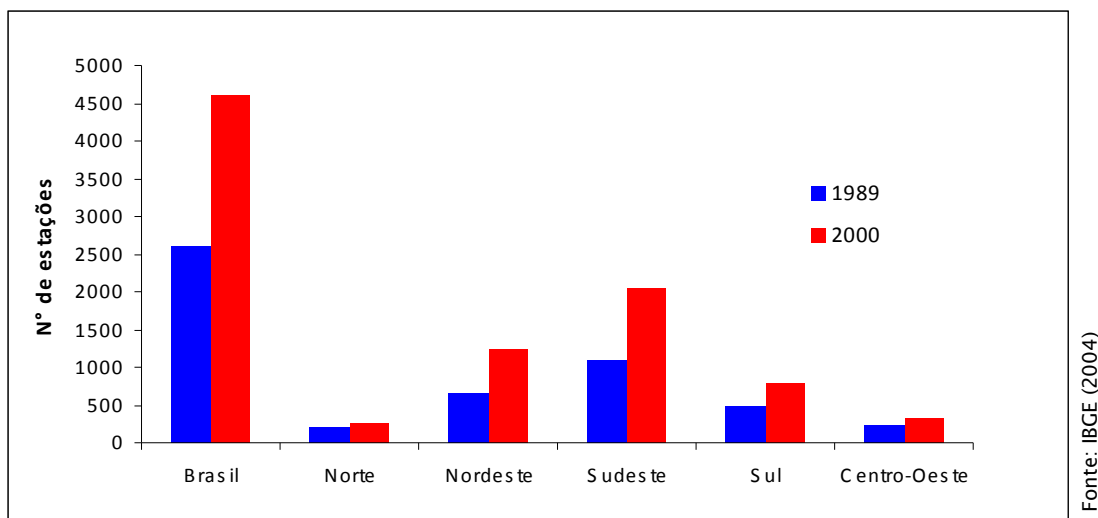



Figura 6. Evolução do número de estações de tratamento de água, segundo as Grandes Regiões – Brasil – 1989/2000.

No Brasil, a maior parte do volume de água tratada distribuída (75%) sofre o processo convencional de tratamento, empregado em maiores proporções nas Regiões Nordeste, Sudeste e Sul (Figura 7). Já na Região Norte, onde o tratamento convencional é menos usado, a proporção da água tratada por processos não-convencionais atinge 33,8% do volume distribuído. A simples desinfecção ocorre em todas as regiões, numa proporção em torno de 20% do volume distribuído, com exceção da Região Sul, onde atinge apenas 9,6% (IBGE, 2004).

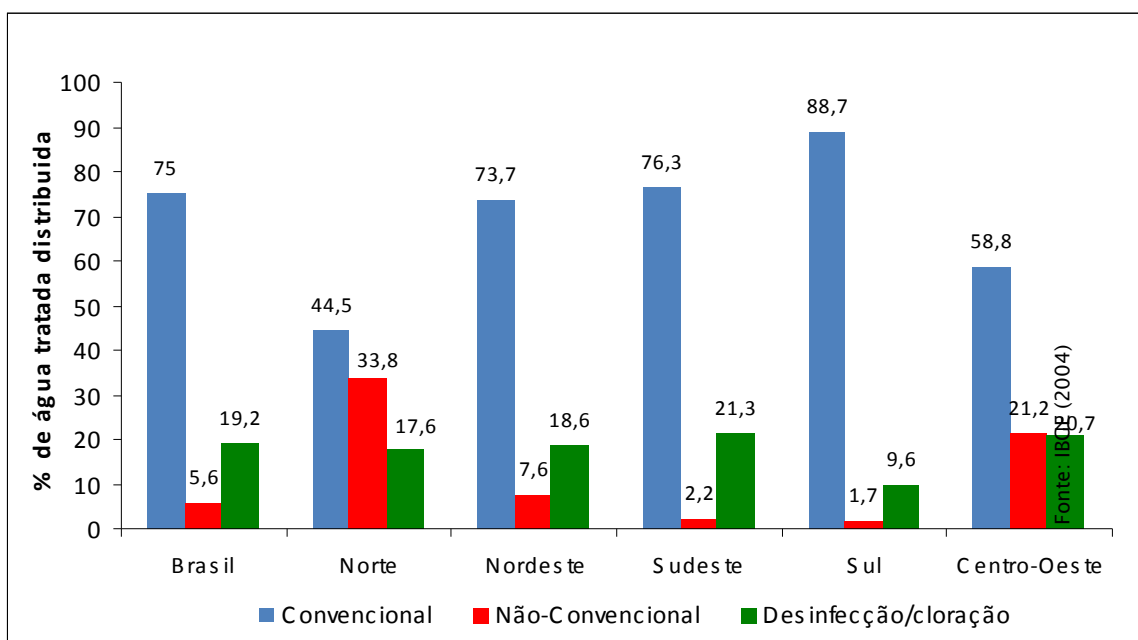



Figura 7. Proporção do volume de água tratada distribuída por dia, por tipo de tratamento utilizado, segundo as Grandes Regiões – Brasil – 1989/2000.

Princípios e Objetivos do Padrão de Potabilidade

Até meados do século XX, a qualidade da água para consumo humano era avaliada, essencialmente, por meio das suas características organolépticas, tendo como base o senso comum da exigência de aparência límpida, sabor agradável ao paladar e ausência de cheiro. No entanto, esse tipo de avaliação foi se revelando falível em termos de proteção de saúde pública contra microrganismos patogênicos e contra substâncias químicas perigosas presentes na água. Tornou-se, assim, necessário estabelecer normas paramétricas que traduzissem, de forma objetiva, as características a que deveria apresentar uma água destinada a consumo humano.

Na atualidade, a Organização Mundial de Saúde (OMS) é a instituição que acompanha e recomenda os valores máximos permitidos de impurezas na água, a partir dos estudos toxicológicos realizados em todo o mundo e publicados em diferentes revistas e eventos científicos especializados no tema. Todavia, países como os Estados Unidos, o Canadá, e a Comunidade Européia, apesar de se basearem também nas recomendações da OMS, estimulam pesquisas toxicológicas e bioensaios que, reciprocamente, acabam servindo de referência tanto para a OMS como para os demais países. Todas as normas e legislação de potabilidade no Brasil seguem, basicamente, os padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde no *Guidelines for Drinking-Water Quality* (WHO, 2004).

Você sabia!

As **pesquisas toxicológicas** estudam os efeitos nocivos produzidos por agente químico ou mistura complexa sobre os organismos vivos, objetivando manter e aumentar a segurança à saúde humana.

Bioensaios são experimentos "*in sito*" ou em laboratório que investigam o papel de substâncias químicas em um contexto biológico, ecológico e/ou evolutivo.

Libânio (2005) enfatiza que no Brasil, somente em 1977, com o advento da Portaria 56 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1977), foi estabelecido o primeiro padrão de potabilidade definindo os limites máximos para as diversas características físicas, químicas e biológicas inerentes às águas de consumo humano. Até então, recomendações do Serviço Norte-Americano de Saúde Pública (*United States Public Health Service*) constituíam o único balizador em relação à qualidade de água potável. Em 1990, o Ministério da Saúde publica a Portaria 36 (BRASIL, 1990), aumentando o número de parâmetros e tornando alguns limites mais restritivos.

Após um amplo processo de revisão da Portaria 36, foi publicada em dezembro de 2000, a Portaria 1.469 (BRASIL, 2000). Já em 2004 essa Portaria foi revogada, passando a vigorar a Portaria 518 (BRASIL, 2004), mantendo-se inalterados o número de parâmetros e os valores máximos permissíveis de cada um deles. Houve adequações no que concerne ao tratamento por filtração de água, captada em manancial superficial e distribuída por meio de canalização e instituída a obrigação do monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas.

Além dos 22 parâmetros inseridos na Portaria 518/2004, que não constavam na Portaria 36, foram incluídos alguns pesticidas e mantidos alguns agrotóxicos-organoclorados não mais comercializados no Brasil - Aldrin, Endrin e Dieldrin, mas de alta persistência no solo e, por conseguinte, nas águas. Esses, freqüentemente, se manifestam em monitoramento em bacias hidrográficas nas quais há atividade agrícola.

Você Sabia!

Cianobactérias, cianofíceas ou algas azuis são microorganismos procarióticos autotróficos, capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial, especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde (BRASIL, 2004).

Atualmente, a remoção de cianobactérias e suas toxinas é um dos maiores desafios do tratamento da água.

A Portaria 518/2004 estabeleceu também, os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano. Questões importantes foram contempladas, implicando em significativo avanço, tanto em termos da abrangência da legislação, definição mais clara de papéis dos diversos órgãos envolvidos, como do respeito ao próprio padrão de potabilidade. Por fim, pode ser destacado a inserção das cianobactérias, à época, de forma inédita em relação aos padrões internacionais.

Para se assegurar a potabilidade da água para consumo humano nos termos definidos pela Portaria 518/2004 é essencial que a concepção, o projeto, a construção e, sobretudo, a operação das unidades do sistema de abastecimento de água sejam realizadas com a preocupação de reduzir riscos à saúde.

A Portaria 518/2004 define que o fornecimento de água às populações pode ser realizado por dois diferentes tipos de instalações:

- **sistema de abastecimento de água para consumo humano** - instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinado à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão.

- **solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano** – toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical.

Você Sabia!

O **manancial** é uma das partes mais importantes de um sistema de abastecimento de água, pois, de sua escolha criteriosa depende as condições de abastecimento de água, no que se refere tanto à quantidade como à qualidade da água a ser disponibilizada à população.

Deve ser lembrado também que, se a água captada estiver poluída por determinadas substâncias, não será possível torná-la potável pelos processos de tratamento de água usualmente utilizados em sistemas de abastecimento de água.

Recentemente, foi publicado o Decreto Presidencial Nº. 5.440 (BRASIL, 2005), estabelecendo definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento, determinando a divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Dentre os mecanismos do Decreto Presidencial, destacam-se: disponibilização de relatórios anuais, por parte das prestadoras dos serviços, sobre a qualidade da água para consumo humano, com ampla divulgação nacional e disponibilização de informações mensais nas contas de água. Essas deverão trazer esclarecimentos quanto ao significado dos parâmetros neles mencionados, em linguagem acessível ao consumidor (Anexo - Art. 6º Decreto Presidencial nº 5.440/05). De acordo com o Artigo 5º, o relatório anual deve conter também particularidades próprias do manancial ou do sistema de abastecimento, como presença de algas com potencial tóxico, ocorrência de flúor natural no aqüífero subterrâneo, ocorrência sistemática de agrotóxico no manancial, intermitência, dentre outras, e as ações corretivas e preventivas que estão sendo adotadas para sua regularização.

O Laboratório no Contexto da ETA: Pontos de Amostragem, Coleta e Preservação de Amostras, Interpretação de Resultados

OBJETIVOS:

Apresentar a importância do laboratório para o controle de qualidade, bem como, conhecimentos sobre amostragem e interpretação de resultados.

Os prestadores de serviços de abastecimento de água têm que assegurar o controle de qualidade da água destinada ao consumo humano, de modo que esta atenda aos padrões de potabilidade constantes na Portaria nº 518/04, do Ministério da Saúde.

A referida Portaria define este controle como sendo um conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelos responsáveis pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável.

O controle permite ao titular do serviço, além da verificação da potabilidade da água, a definição de ações operacionais e gerenciais que adéqüem sua qualidade ao padrão exigido pela legislação vigente. Destacam-se como ações a padronização na operação dos equipamentos, sistemas e processos do tratamento adotado, assim como atitudes diante de anormalidades previsíveis, o que não exclui a adoção de estratégias operacionais de acordo com o bom senso do operador em casos não previstos.

Assim, o controle de qualidade da água do sistema de abastecimento, inclusive da ETA (Estação de Tratamento de Água), compreende as atividades de: planejamento da amostragem; coleta de amostras; análise laboratorial; controle de qualidade analítica; interpretação dos resultados das análises e estratégia de informações.

Neste contexto, um laboratório situado na ETA é de extrema importância, pois tem como funções: realizar as análises dos parâmetros necessários ao controle do processo de tratamento, avaliar sua eficiência; realizar análises dos parâmetros operacionais do controle de qualidade da água do sistema de distribuição (reservatórios e rede).

Plano de Amostragem

A elaboração de um plano de amostragem para caracterização da qualidade da água em sistemas de abastecimento requer além da definição dos pontos de coleta, o que inclui a estação de tratamento, a definição das etapas subseqüentes tais como: análises laboratoriais, interpretação de dados, elaboração de relatórios e tomadas de decisões.

Esse plano vai além da execução de uma metodologia de coleta, uma vez que as observações e dados de campo contribuem para a interpretação dos resultados analíticos.

Os prestadores de serviços de água, responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, devem elaborar e aprovar, junto à autoridade de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema, respeitando o que está expresso na Portaria nº 518/04, do Ministério da Saúde. Esse deve ser feito de maneira a abranger os seguintes aspectos:

TÉCNICO

- Definição dos pontos de coleta de amostras.
- Definição do número e freqüência de amostras.
- Seleção dos parâmetros a serem analisados.
- Conhecimento dos métodos de análises utilizados pelo laboratório.

LOGÍSTICO

- Levantamento do tipo e quantidade de frascos, reagentes e equipamentos para medições em campo.
- Levantamento da infra-estrutura de apoio: viatura, combustível, etc..
- Levantamento do tamanho da equipe para o trabalho de campo, transporte das amostras, avaliação dos resultados das análises laboratoriais.
- Levantamento de custos financeiros para implantação e desenvolvimento do plano de amostragem.

Para possibilitar a melhor elaboração do plano de amostragem são necessárias as seguintes informações:

- Planta baixa do município em escala conveniente que possibilite de preferência ter uma visão territorial do espaço urbano e rural em uma única prancha.
- Planta do sistema de abastecimento de água (rede de distribuição, delimitação dos sistemas, zonas de pressão, localização dos reservatórios, etc.).
- População abastecida por rede de água.
- População servida por rede de esgoto.

- Relatório de inspeção do sistema de abastecimento de água com informações do tipo e qualidade do manancial até a rede de distribuição.
- Resultado das análises de controle de qualidade de água realizada pelos laboratórios.
- Dados ambientais de vulnerabilidade à contaminação (esgotos sanitários, resíduos sólidos, indústrias, áreas sujeitas a inundações, etc.).
- Localização na planta baixa do município das instituições que abriguem população considerada mais vulnerável, tais como escolas, hospitais e serviços de saúde, creches, asilos ou outras que pelo tipo ou porte abasteçam grande quantidade de pessoas, tais como *Shopping Center*, terminais de passageiros, locais de realização de eventos etc.

A não existência de algumas informações não implica na impossibilidade da elaboração de um plano de amostragem, porém poderá prejudicar na definição de critérios de risco à saúde.

Pontos de Amostragem

Segundo a Portaria 518/04, a definição dos pontos de amostragem, para coleta de amostras e verificações da qualidade da água, deve ser feita de modo a se obter informações representativas do sistema de abastecimento (reservatórios e rede de distribuição). Essa representatividade pode ser obtida aliando a distribuição espacial de pontos de coleta de amostra de água e as áreas de risco do sistema.

Entende-se por distribuição espacial, a localização de pontos de coleta de amostras de águas na rede de abastecimento de forma que toda a área de abrangência da rede esteja representada de forma eqüitativa. Por área de risco, a escolha de pontos de coleta na rede, próximos a locais que possam influir na qualidade da água, que abastecem grandes consumidores, ou consumidores suscetíveis (hospitais, creches, escolas, etc.). Assim pontos críticos e não críticos do sistema, em endereços fixos e variáveis devem ser monitorados.

Em outras palavras, a representatividade da amostragem pode ser obtida, segundo a referida Portaria, combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos do sistema, entendidos como aqueles próximos a grande circulação de pessoas (terminais rodoviários, terminais ferroviários, etc.) ou edifícios que alberguem grupos populacionais de risco (hospitais, creches, asilos, etc.), aqueles localizados em trechos vulneráveis do sistema de distribuição (pontas de rede, pontos de queda de pressão, locais afetados por manobras, sujeitos à intermitência de abastecimento, reservatórios, etc.) e locais com sistemáticas notificações de agravos à saúde tendo como possíveis causas agentes presentes na água.

Para satisfazer dois princípios fundamentais - representatividade e abrangência espacial, o Quadro 2, apresenta alguns critérios para a definição dos pontos de amostragem para o monitoramento da qualidade da água.

Um plano de amostragem poderá contemplar todos ou apenas alguns dos critérios anteriormente listados, dependendo da situação encontrada no município.

De qualquer forma, no local escolhido para a coleta de água na rede de distribuição deve haver, necessariamente, uma torneira junto ao cavalete. Caso não exista é preferível escolher outro ponto para coleta.

Quadro 2. Critérios para definição dos pontos de amostragem no sistema de abastecimento (rede e reservatórios).

<table>
<tr><td rowspan="7">Distribuição espacial</td><td>Entrada no sistema de distribuição</td></tr>
<tr><td>Saída de reservatórios de acumulação</td></tr>
<tr><td>Pontos na rede de distribuição (rede nova e antiga):</td></tr>
<tr><td>Áreas mais densamente povoadas</td></tr>
<tr><td>Áreas sujeitas à pressão negativa na rede de distribuição</td></tr>
<tr><td>Área de passivo ambiental</td></tr>
<tr><td>Zonas altas e zonas baixas</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Locais de risco</td><td>Consumidores representativos e de maior risco. (hospitais, escolas, creches, clubes, etc).</td></tr>
<tr><td>Áreas próximas a pontos de poluição (indústrias, escolas, creches, clubes, etc)</td></tr>
</table>

Também, dentro da estação de tratamento, devem existir vários pontos de amostragem e de análise automática de diversos parâmetros da qualidade da água. Essa análise permite um monitoramento constante da eficiência de cada unidade de tratamento, e a verificação do controle da qualidade da água produzida, isto é, desde o seu estado bruto até à conclusão do tratamento. Em geral, os pontos de controle de água em uma ETA estão localizados na entrada (água bruta) e nas unidades de decantação, filtração e desinfecção. A coleta de água destes pontos pode ser feita no próprio laboratório da ETA, uma vez que existe nas suas instalações, uma zona de amostragem, que reúne água destas unidades e onde têm instaladas torneiras em tubulações ligadas diretamente a unidades citadas.

O Quadro 3 apresenta sugestão, do Ministério da Saúde (2006), de requisitos de controle na produção e abastecimento de água para consumo humano.

Quadro 3. Requisitos de controle na produção e abastecimento de água para consumo humano.

Parâmetro	Água Bruta (Entrada da ETA)	Mistura/ Coagulação	Floculação	Sedimentação	Filtração	Desinfecção / Saída da Eta
Vazão	x	x	x	x	x	x
Perda de Carga					x	
pH	x	x				x
Dosagem de produtos químicos		x				x
Turbidez	x			x	x	x
Cor	x					x
Carbono orgânico total	x					
Algas e toxinas	x			x		
Colimetria	x					x
Contagem de bactérias hetereotróficas						x
Cloro residual						x
CT						x
Produtos secundários da desinfecção						x

Fonte: MS (2006) adaptado da WHO (2004).

Parâmetros a serem Determinados

O conceito de qualidade da água encontra-se relacionado ao uso e às características físicas, químicas e biológicas apresentadas pela água que, por sua vez, são determinadas pelas substâncias e microrganismos (parâmetros) nela presentes. Assim, o padrão de potabilidade da água é composto por um conjunto de características (parâmetros) que lhe confere qualidade própria para o consumo humano.

Rotineiramente, e dependendo dos processos unitários em uma ETA, os parâmetros a serem analisados devem ser: pH; cloro residual; flúor; turbidez; cor e organismos indicadores de contaminação. Por outro lado, os parâmetros de controle de qualidade da água exigidos pelo Ministério da Saúde (2006), para avaliar o desempenho dos processos de uma ETA são: pH, cor, turbidez, carbono orgânico total, algas e toxinas, contagem de bactérias heterotróficas, cloro residual, coliforme total e colimetria. O Quadro 4 apresenta para os parâmetros citados, suas características gerais, a origem na água e fatores de alteração e os inconvenientes.

Quadro 4. Parâmetros de qualidade, características gerais, sua origem na água e fatores de alteração e os inconvenientes.

Parâmetro	Características gerais	Origem nas águas e fatores de alteração	Inconvenientes
pH	É a relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons (H+) e (OH-). Apresenta variação entre 0 e 14, sendo 7,0 o valor neutro. Águas com pH < 7,0 são consideradas ácida, e com pH > 7,0 , básicas.	Alterações naturais advêm da presença de ácidos carbônicos e húmicos dissolvidos e da atividade algal. As maiores alterações no pH são provocadas por despejos industriais e águas residuárias de minas.	Águas com pH baixo ou elevado são agressivas, podendo causar corrosão em tubulações. Alterações bruscas de pH (<5,0 ou >9,0) podem causar o desaparecimento de espécies aquáticas. O pH influi no grau de solubilidade de diversas substâncias, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, definindo inclusive o potencial de toxidade de vários elementos.
Cloro residual	O cloro e seus compostos são fortes agentes oxidantes. Em geral, a reatividade do cloro diminui com o aumento do pH e sua velocidade de reação aumenta com a elevação da temperatura.	O cloro aparece na água porque é adicionado no processo de desinfecção. Nesse processo ele pode sofrer interação com substratos húmicos de ocorrência natural na água bruta, formando mais de 150 compostos orgânicos halogenados - trihalometano (THM), voláteis e não voláteis. A interação entre estes contaminantes em águas tratadas, altera sua toxicidade.	Os THM's, além de serem considerados carcinogênicos, são também indicadores da possível presença de outros compostos organoclorados (ácido acético clorado, haloacetonitrilos, cloropicrin, clorofenóis, cloropropanonas), também resultantes do processo de cloração das águas e mais perigosos que os próprios THM's.
Flúor	O flúor é um mineral natural encontrado em toda a crosta terrestre e largamente distribuído pela natureza. É o mais eletronegativo e o mais reativo de todos os elementos químicos. Sua extrema reatividade, que se traduz em forte tendência à formação de compostos. Combina-se com todos os demais elementos químicos, exceto o hélio, o argônio e o criptônio.	Os fluoretos ocorrem naturalmente em muitos sistemas de abastecimento. Em outros são adicionados à água potável. Considera-se que são componentes essenciais da água potável, sobretudo para a prevenção de cáries dentárias. Uma coletividade consumindo água com concentrações inferiores a 0,6mg/L de fluoretos apresenta alta incidência de cárie.	Evidências epidemiológicas permitem afirmar que em concentrações elevadas os fluoretos podem causar a fluorose dentária em crianças e até fluorose endêmica acumulativa, com conseqüentes lesões em crianças e adultos. A manipulação do flúor é problemática, já que materiais como a madeira, o vidro e o amianto são prontamente corroídos por ele.

Parâmetro	Características gerais	Origem nas águas e fatores de alteração	Inconvenientes
Turbidez	Mede a resistência da água à passagem da luz. É uma característica das águas correntes, podendo aumentar nos períodos chuvosos. Em águas dormentes apresenta geralmente valores baixos.	Decorre naturalmente da presença de material em suspensão, plâncton, microrganismos, argilas e siltes nas águas. Sua principal fonte é o aporte de partículas de solos provenientes da superfície da bacia hidrográfica, em função de desmatamentos, processos erosivos e atividades de mineração. Pode também advir do lançamento de efluentes que contenham material fino.	Afeta esteticamente os corpos d'água. Pode causar distúrbios aos ecossistemas aquáticos devido à redução da penetração da luz. Aumenta os custos de processos de tratamento para fins de abastecimento público e industrial
COT (Carbono orgânico total)	O carbono é um elemento classificado como um não-metal pela tabela periódica e pode formar uma enorme quantidade de compostos. Em combinação com oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e outros elementos, ele forma uma vasta coleção de substâncias, muitos com átomos de carbono ligados entre si. O carbono está presente na atmosfera, na vida animal e vegetal, em substâncias orgânicas não vivas, em combustíveis fósseis, em rochas e dissolvido nos oceanos. O movimento das moléculas de carbono de uma forma para outra é conhecida como o ciclo do carbono. O ciclo de vida e morte dos vegetais resulta na acumulação de tecido vegetal decomposto, sobre e sob o solo (raízes), e produz uma quantidade significante de carbono orgânico.	Na água, o COT representa a quantidade total de matéria orgânica presente. Em condições naturais esta concentração é normalmente pequena e não apresenta riscos para a saúde do homem. No entanto, quando ocorre o lançamento de efluentes industriais e esgotos domésticos em um corpo d'água, seja ele pontual ou difuso, imediatamente as características químicas, físicas e biológicas deste local começam a ser alteradas ocorrendo, por exemplo, um aumento muito grande da carga orgânica, refletindo-se no aumento do COT. O carbono, por ser um elemento químico que entra na constituição dos seres vivos e de todos os compostos orgânicos, ao oxidar-se consome o oxigênio dissolvido na água. Assim, a quantificação do carbono orgânico total é um bom indicador, intimamente relacionado com a matéria orgânica existente nos meios hídricos. É usado também no apoio ao controle operacional do sistema de abastecimento.	O COT, principalmente na forma dissolvida, assume papel preponderante no desenvolvimento da comunidade algal no ecossistema aquático. Além disso, o COT atua também no processo de fotossíntese, por intermédio da interferência na penetração das radiações solares no corpo d'água.O uso extensivo dos compostos de cloro como desinfetantes passou a conferir maior importância ao COT, pois os ácidos fúlvicos , assim como a biomassa de algas e cianobactérias, constituem-se importantes precursores da formação dos trihalometano – THM. Os sistemas de tratamento de água, quando dimensionados e operados de forma inadequada, se tornam grandes colaboradores para o aumento de COT na água purificada, isto porque, alguns detalhes construtivos não são levados em consideração, utilizando assim, anéis de vedação em borracha, graxas a base de vaselina, materiais plásticos não inertes e outros detalhes importantes que favorecem a liberação do COT na água.

Parâmetro	Características gerais	Origem nas águas e fatores de alteração	Inconvenientes
Algas e toxinas	As cianobactérias, anteriormente designadas por algas azuis, são um grupo primitivo de seres vivos, cujos componentes possuem uma estrutura celular procariota, como as bactérias. São organismos microscópicos fotoautotróficos, pertencentes ao fitoplâncton de águas doces, unicelulares, embora possam formar colônias filamentosas, tornando-se perceptíveis à "vista desarmada".	Típicas de ecossistemas eutrofizados (com muitos nutrientes), as cianobactérias ocorrem especialmente em águas com velocidade de corrente pequena ou nula, como é o caso de lagoas. No entanto, podem também ocorrer em águas correntes, desde que existam locais de águas mais paradas. Podem desenvolver-se em grandes densidades, provocando as florescências, mais comumente conhecidas por *blooms*. Embora desde há muito tempo se saiba dos efeitos tóxicos resultantes da ingestão de florescimentos, nos últimos anos, possivelmente ocasionados pelo aumento da contaminação dos mananciais e conseqüentemente maior aplicação de algicidas é que os riscos ficaram mais evidentes.	As algas comprometem, em dois aspectos, a água para consumo humano, sendo um deles de maior visibilidade e outro pouco discutido, respectivamente as questões de sabor, odor e as toxinas liberadas. No primeiro caso, existem algas que conferem odores aromáticos à água, assemelhando-se a certas flores ou verduras, capim ou grama, sabor de barro ou forte gosto de peixe. Existem ainda alguns organismos unicelulares, microscópicos e classificados como bactérias, que também produzem forte sabor de terra na água para consumo humano, com o agravante de que a sua forma esparolada pode atravessar a barreira do tratamento e eclodir nos reservatórios domiciliares. No segundo caso, espécies de algas verde-azuladas (cianobactérias ou cianofíceas) produzem toxinas que causam intoxicações agudas ou crônicas, atingindo as células do fígado e o sistema neuromuscular, podendo causar a morte de animais em horas ou dias.
Coliforme total	Abrange todos os bacilos gram negativos não esporulados, aeróbios ou anaeróbios facultativos que fermentam lactose. Os microrganismos desse gênero constituem-se os melhores indicadores da possível presença de material fecal de origem humana ou de animais de sangue quente na água por conseqüência organismos patogênicos. Apresentam maior resistência que estes organismos, sendo encontrados em grandes quantidades nas fezes ou nos solos e plantas.	Ocorrem nas águas devido à contaminação com excrementos fecais de homens e animais de sangue quente	A presença de coliformes nas águas por si só não representa problemas à saúde, indicando apenas a possível presença de fezes e, portanto, de outros organismos presentes nas fezes, transmissores de doenças como a febre tifóide e paratifóide, disenteria bacilar, cólera, hepatite, dentre outras.

Parâmetro	Características gerais	Origem nas águas e fatores de alteração	Inconvenientes
Alumínio	O alumínio é o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão O alumínio é pouco solúvel em pH entre 5,5 e 6,0, devendo apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose.	A água também pode apresentar resíduos de alumínio, já que este elemento é empregado no tratamento, na etapa de coagulação e floculação. Assim, a principal via de exposição humana não ocupacional é pela ingestão de alimentos e água. Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez.	O acúmulo de alumínio no homem tem sido associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer. .

Número e Freqüência da Amostragem

As informações sobre a qualidade de água referem-se a um período, que pode ser horário, diário, semanal, mensal e anual, durante o qual esta qualidade pode vir a variar. Por isso, a periodicidade da amostragem deve ser estabelecida de forma que as análises mostrem variações, de natureza aleatória ou sistemática, que ocorrem na qualidade da água. A freqüência com que são coletadas as amostras deve ser estabelecida com o objetivo de se obter informações necessárias com o menor número possível de amostras, levando em conta o aspecto custo-benefício. Os resultados analíticos devem reproduzir as variações, espacial e temporal, da qualidade da água amostrada.

No Quadro 5 está apresentada a periodicidade para a coleta de amostras da água bruta e tratada e os parâmetros que devem ser analisados visando manter os padrões de qualidade determinados pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

Quadro 5. Periodicidade e parâmetros de qualidade da água na ETA.

Periodicidade	**Parâmetros**
De duas em 2 horas	cor, pH, turbidez, cloro
De quatro em 4 horas	alcalinidade, flúor
Uma vez ao dia	ferro e alumínio
Uma vez por semana	organismos indicadores de contaminação (na água tratada)

Coleta de Amostras

Para que haja um adequado e eficiente programa de monitoramento da qualidade da água, um dos passos mais importantes é a coleta de amostras de água. Essa coleta pode parecer uma tarefa relativamente simples. Porém, mais do que mergulhar uma garrafa para retirar um certo volume de água, torna-se necessário obter uma amostra representativa e estabilizada do ponto amostrado e das condições locais que podem interferir, tanto na interpretação dos dados quanto nas próprias determinações laboratoriais.

Assim, técnicos adequadamente treinados e motivados precisam observar e anotar quaisquer fatos ou anormalidades que possam interferir nas características da amostra como: cor, odor, ou aspecto estranho, presença de algas, óleos, corantes, material sobrenadante, peixes ou outros animais aquáticos mortos.

A técnica a ser adotada para coleta de amostras depende da água a ser amostrada: água bruta (entrada da ETA); água tratada (saída da ETA); unidades do processo de tratamento (decantação, filtração, desinfecção, etc); rede de distribuição; reservatórios setoriais da rede. A técnica depende também da natureza do exame a ser realizado (físico, químico, biológico) e do tipo de amostragem (amostra simples ou composta). Independentemente dessas características, porém, há os seguintes cuidados a serem tomados:

a. As amostras não devem incluir partículas grandes, detritos, folhas, ou outro tipo de material acidental.
b. Para minimizar a contaminação da amostra convém recolhê-la com a boca do frasco de coleta contra corrente.
c. Coletar volume suficiente de amostra para eventual necessidade de se repetir análise no laboratório.
d. Fazer todas as determinações de campo em alíquotas de amostras separadas das que serão enviadas ao laboratório, evitando-se, assim, o risco de contaminação.
e. Empregar somente os frascos recomendados para cada tipo de determinação. Verificar também a limpeza dos frascos e demais materiais de coleta (baldes, garrafas, pipetas etc.).
f. A parte interna dos frascos e do material de coleta, assim como tampas, não podem ser tocadas com a mão ou ficar expostos ao pó, fumaça e outras impurezas (gasolina, óleo, e fumaça de exaustão de veículos podem ser grandes fontes de contaminação de amostra). Recomenda-se, portanto, que os coletores usem luvas plásticas (cirúrgicas e não coloridas) e não fumem durante a coleta das amostras.
g. Imediatamente após a coleta e preservação das amostras, colocá-las ao abrigo da luz solar.
h. As amostras que exigem refrigeração para sua preservação devem ser acondicionadas em caixa de isopor com gelo. Observar que as amostras para análise de oxigênio dissolvido – OD, não devem ser mantidas sob refrigeração.
i. Manter o registro de todas as informações de campo, preenchendo uma ficha de coleta por amostra, ou conjunto de amostras da mesma característica contendo os seguintes dados: número da amostra; identificação do ponto de coleta; data e hora da coleta; tipo de amostra (água bruta, tratada, etc); medidas de campo como pH, temperatura ar/água etc; eventuais observações de campo; condições meteorológicas nas últimas 24 horas; indicação dos parâmetros a serem analisados; nome do responsável pela coleta; equipamento utilizado (nome, tamanho, malha, capacidade, volume etc).

Preservação de Amostras

A confiabilidade e a interpretação adequada dos resultados analíticos, depende da correta execução dos procedimentos. O simples fato de abstrair uma amostra do seu local de origem e colocá-la em contato com as paredes de recipientes e, portanto, sujeitando-a a um novo ambiente físico, pode ser suficiente para romper este equilíbrio natural e conferir mudanças na sua composição. O intervalo de tempo entre a coleta das amostras e a realização das análises também pode comprometer sobremaneira sua composição inicial, especialmente no caso de substâncias que se encontram em pequenas concentrações. Por isto é preciso adotar métodos específicos para preservação e armazenamento de amostras para evitar contaminação e/ou perda de constituintes a serem examinados.

Independente da natureza da amostra, a estabilidade completa para cada constituinte nela presente nunca pode ser obtida. No melhor dos casos, as técnicas de preservação e a seleção adequada dos frascos de armazenamento apenas retardam as alterações químicas e biológicas que, inevitavelmente, acontecerão após separar-se a amostra das suas condições originais.

As técnicas de preservação de amostras mais empregadas são:

- **Adição química** - é o método mais conveniente, contudo tal procedimento não é viável para preservar amostras destinadas a todos os tipos de análises. Neste método o preservante é adicionado prévia ou imediatamente após a tomada da amostra, provocando a estabilização dos constituintes de interesse, por períodos mais longos de tempo.
- **Congelamento** - é aceitável para algumas análises, mas não como técnica de preservação geral. Os componentes sólidos (filtráveis e não filtráveis) da amostra alteram-se com o congelamento e posterior retorno à temperatura ambiente. Para algumas determinações biológicas e microbiológicas esta prática é inadequada.
- **Refrigeração -** utilizada para preservação de vários parâmetros, constitui uma técnica comum em trabalho de campo. Embora a refrigeração não mantenha completa integridade para todos os parâmetros, interfere de modo insignificante na maioria das determinações laboratoriais. Ela é sempre utilizada na preservação de amostras microbiológicas e algumas determinações químicas e biológicas.

A metodologia de preservação das amostras de água, por parâmetro e o prazo máximo recomendado entre coleta e início das análises está descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995).

Os frascos mais utilizados no armazenamento de amostras são os de plástico, vidro borossilicato e do tipo descartável; sendo esses últimos empregados quando o custo da limpeza torna-se muito oneroso. Não existe, portanto, um padrão universal de frascos, havendo a necessidade de escolher o material de acordo com sua estabilidade, facilidade de transporte, custo, resistência à esterilização etc. Porém, em geral, o tipo de frasco a ser utilizado depende da natureza da amostra a ser coletada e dos parâmetros a serem investigados, por exemplo, análise biológica, microbiológica, físico-química, biocidas etc. Dessa forma, existem normas que discriminam o tipo de frasco a ser utilizado de acordo com o parâmetro a ser analisado.

A limpeza de frascos e tampas é de suma importância para impedir a introdução de contaminantes nas amostras. São necessários cuidados especiais para evitar a utilização de materiais de limpeza cuja fórmula contenha as substâncias que se quer determinar na amostra de água. Os exemplos mais comuns deste tipo de interferência são: o uso de sabões contendo fosfato, quando se quer determinar este constituinte na amostra coletada; a descontaminação utilizando solução de ácido nítrico quando se deseja analisar íons nitrato. Nesses casos o uso de frascos descartáveis inertes previne tal tipo de contaminação.

No caso de requerer-se análise de micronutrientes, como os sais dissolvidos de nitrogênio e fósforo, a descontaminação dos frascos de coleta com uma solução de ácido clorídrico a 5% pode ser suficiente.

Análise Laboratorial

A caracterização da água, que corresponde à quantificação das impurezas de natureza física, química e biológicas, é feita por meio de análise laboratorial utilizando-se métodos instrumentais ou analíticos.

Para manter um elevado nível de qualidade e obter resultados confiáveis, os laboratórios de análises de água devem dispor de:

- Equipe de pessoal especializado com conhecimentos em química e microbiologia, assim como em análises ambientais e informática.
- Métodos instrumentais devidamente validados, cada vez mais sofisticados e que permitem cumprir as exigências da legislação em vigor, respeitando o limite de detecção, precisão e exatidão.
- Infra-estrutura e equipamentos adequados aos diferentes tipos de análises realizadas.
- Atualização permanente de novas técnicas analíticas e de equipamentos, cada vez mais sensíveis e precisos, que permitam a quantificação de uma vasta gama de compostos tóxicos.
- Métodos analíticos utilizados para o monitoramento dos parâmetros de qualidade da água em conformidades com as normas nacionais ou na falta destas com as estabelecidas pelo *"Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, de autoria da American Public Health Association (APHA), da American Water Works Association (AWWA) e da Water Environment Federation (WEF) ou de normas publicadas pela International Standartization Organization (ISO)*.

Em conformidade com as normas nacionais e o *Standard Methods*, os procedimentos analíticos para a determinação de parâmetros de qualidade estão detalhados no item MANUTENÇÃO E CALIBRAGEM DE EQUIPAMENTOS.

Controle de Qualidade Analítica

O controle de qualidade de uma análise laboratorial é essencial para garantir a confiabilidade da informação. Os resultados analíticos serão considerados restritos se não houver um programa definido de controle de qualidade analítico (CARUSO, 1998).

Os critérios de avaliação da qualidade dos dados de uma análise laboratorial levam em conta os diversos erros que podem ocorrer. O erro associado ao processo amostral estabelece-se quando não há representatividade ou o preparo da amostra não foi adequado, principalmente na etapa de homogeneização que é essencial para garantir a repetibilidade (MARMO, 1997).

Os erros associados à metodologia podem ser de três tipos. O primeiro são os grosseiros, que levam a resultados distantes do valor real, como no caso do uso de reagente inadequado. O

segundo tipo são os acidentais que fazem parte intrínseca do processo de quantificação, mas deve-se considerar que por meio dos níveis de exatidão e precisão é possível determinar o intervalo de confiança dentro do qual o resultado é considerado válido. O terceiro tipo de erro são os sistemáticos, que produzem resultados com valores próximos, portanto com precisão, mas distantes do real, e por isso com baixa exatidão.

Todos os tipos de erros citados podem ser eliminados quase que totalmente por meio de uma correta atividade organizacional voltada para a qualidade e confiabilidade dos dados analíticos, que segundo Marmo (1997), é possível adotando-se o Sistema de Qualidade Laboratorial.

De acordo com Pádua e Ferreira (2006), é importante que os laboratórios responsáveis pela análise de água possuam um programa de controle de qualidade formalizado que abranja: a qualificação e a capacitação periódica dos recursos humanos; a manutenção preventiva e a calibração periódica de equipamentos, conforme recomendações legais ou do fabricante; a verificação da qualidade dos reagentes utilizados nas análises; a existência de documentação detalhada dos procedimentos de rotina do laboratório, tais como regras de segurança, protocolos descritivos dos métodos utilizados nas análises, instruções de coleta e armazenamento de amostras, calibração dos instrumentos (incluindo as vidrarias e equipamentos como balanças), preparo e armazenamento de reagentes.

Processamento de dados e Interpretação dos Resultados

Os dados de qualidade da água bruta (na entrada da ETA) e daqueles da unidade de uma ETA, analisados no laboratório, devem ser processados adequadamente, interpretados e verificados quanto à sua consistência, organizando-se um banco de dados.

Para a interpretação dos dados de qualidade da água bruta podem ser realizados: tratamentos estatísticos; determinações de tendências ao longo do tempo; correlações causa-efeito entre dados de qualidade da água e ambientais (geologia, hidrologia, ocupação do solo, inventário das fontes poluentes, climatologia). A apresentação dos resultados geralmente é em forma de gráficos e/ou planilhas.

O acompanhamento da qualidade da água bruta ao longo do tempo gera um grande número de dados analíticos que precisam ser transformados em um formato sintético. Esse deve descrever e representar, de forma compreensível e significativa, o estado atual e as tendências da qualidade da água para que possam ser utilizadas como informações gerenciais e como ferramenta na tomada de decisões relativas ao manancial abastecedor e a ETA. Assim, a apresentação dos resultados também pode ser feita em forma de um índice. O IQA (índice de qualidade da água) é, então, uma forma de agregação de valores individuais de uma série de parâmetros de qualidade da água em um formato sintético.

Manutenção e calibragem de equipamentos. Procedimentos Analíticos: cor, turbidez, pH, cloro residual, alumínio e fluoretos

OBIETIVOS:

Demonstrar a necessidade de manutenção e calibragem dos equipamentos.

Apresentar as formas de realização de análises de cor, turbidez, pH, cloro residual e fluoreto

A garantia de eficiência na operacionalização de ETAs e conseqüentemente a qualidade do produto final depende dentre outros processos, o da realização de procedimentos analíticos de rotina. Se por ventura, a qualidade da água na ETA, temporariamente se torna insatisfatória, os resultados dos testes dão indícios do problema e permitem uma ação corretiva imediata.

Neste capítulo serão abordadas noções básicas de manutenção e calibragem de equipamentos utilizados em Estações de Tratamento de Água - ETAs, como também os procedimentos analíticos de rotina para a determinação dos parâmetros cor, turbidez, pH, cloro residual e fluoretos.

Cabe destacar que todas as análises devem ser realizadas com o máximo de rigor técnico e cientifico, para que haja confiabilidade nos resultados. Ademais, é indispensável o uso de EPI's (Equipamentos de Proteção Individual) apropriados, bem como observar as "Boas Práticas de Laboratório", na utilização desses equipamentos, fazer a devida calibragem e manutenção através dos respectivos manuais (SABESP, 2006).

Manutenção, Calibragem de Equipamentos e Procedimentos Analíticos

Cor

O procedimento analítico para determinação da cor pode ser realizado pelo método colorimétrico comparativo, ou pelo método colorimétrico de leitura direta (espectrofotométrico).

Pelo método colorimétrico de leitura direta é necessário ter um fotocolorímetro digital (Figura 8). Nesse caso, utiliza-se o fotocolorímetro digital converte em sinal elétrico a medida da diferença entre a luz incidente nesta amostra e transmitida ao detetor, promovendo a leitura direta em UC (Unidades de Cor). A faixa de trabalho vai de 1,0 a 500,0 unidades de Cor (uC), podendo a amostra ser diluída caso seja necessário. Nesse método utiliza-se solução padrão de 500, 100, 10 e 5 UC. A execução da análise conforme SABESP (2006) segue as seguintes etapas:

- Ligar o equipamento e aguardar 10 minutos para sua estabilização;

- Ajustar o colorímetro utilizando os padrões de 10,0; 100e 500 UC.

- Para amostras refrigeradas, aguardar que a mesma atinja temperatura próxima da ambiente;

- Verificar se o pH da amostra encontra-se entre 4 e 10. Se estiver fora dessa faixa, ajustá-lo para, aproximadamente, 7,0 com ácido sulfúrico (H_2SO_4) ou hidróxido de sódio (NaOH) em concentrações tais que o volume final não exceda em 3 % do inicial.

- Homogeneizar a amostra, e introduzi-la na cubeta até a marca de nível;

- Enxugar a cubeta com papel absorvente macio;

- Introduzir a cubeta no aparelho fazendo coincidir a marca da cubeta com a marca existente no aparelho;

- Fazer a leitura de cor.

Figura 8. Fotocolorímetro microprocessado digital para análise de Cor.

No método colorimétrico comparativo, utiliza-se um colorímetro que pode ser comparador com prisma ou comparador visual (Figura 9), além de provetas e cubetas. As amostras devem estar à temperatura ambiente. Em seguida deve-se colocar água desmineralizada até a marca, em uma das cubetas do colorímetro, tampá-la com o plug e colocá-la no lado indicado (esquerdo) no equipamento. Da mesma forma, deve-se colocar a amostra até a marca, em outra cubeta do colorímetro, tampá-la com o plug e colocá-la no lado indicado (direito) no equipamento. É recomendado proceder à lavagem da cubeta a qual foi utilizada à amostra, com água desmineralizada, e usar papel higiênico macio para limpar as cubetas. Ligar a lâmpada e girar o disco até coincidência de cor. Se a cor ultrapassar a escala do colorímetro, então se faz necessário diluir a amostra o mínimo possível, com água desmineralizada em proporção conhecida, até que a cor esteja dentro dos limites do disco. Quando necessário, fazer a diluição das amostras, neste caso o resultado final da cor aparente é obtido por intermédio da Equação 1.

$$Cor(uC) = A \cdot \frac{V}{B} \qquad (1)$$

Onde: A = Cor estimada na amostra diluída;
V = Volume de amostras usados na diluição (mL);
B = Volume total de amostra diluída (mL).

Periodicamente, é necessário limpar os orifícios coloridos do disco comparador com uma haste flexível de algodão embebida em benzina.

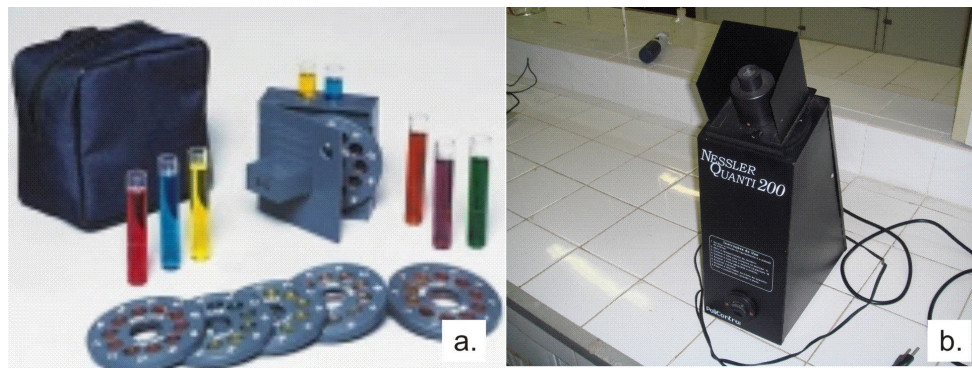



Figura 9. Equipamentos para a determinação da cor aparente. a) Comparador colorímetro com prisma; b) Colorímetro visual.

Na determinação da cor, a turbidez da amostra influencia, absorvendo também parte dos raios luminosos. Para obtenção da cor real ou verdadeira há a necessidade de se eliminar previamente a turbidez através de centrifugação, sedimentação ou filtração. Uma vez que determinamos cor aparente não é feita a eliminação da turbidez.

Turbidez

A determinação da turbidez utiliza o método nefelométrico. O método nefelométrico é mais indicado que o método de comparação visual por sua precisão, sensibilidade e aplicabilidade sobre uma larga faixa de turbidez. Baseia-se na comparação da luz dispersa por materiais diversos em suspensão contidos em uma amostra, com um padrão de suspensão nas mesmas condições. Quanto maior a intensidade da luz espalhada maior será a turbidez da amostra analisada.

O turbidímetro é o aparelho utilizado para a leitura direta (Figura 10). É constituído de um nefelômetro, sendo a turbidez expressa em unidades nefelométricas de turbidez (NTU - Nephelometric Turbidity Unit). O nefelômetro consiste em uma fonte de luz, para iluminar a amostra e um detector fotoelétrico com um dispositivo para indicar a intensidade da luz espalhada em um ângulo reto ao caminho da luz incidente. A faixa de trabalho depende do aparelho utilizado, podendo chegar até 10.000 NTU, por exemplo.

Figura 10. Turbidímetro digital com os padrões de calibração ao lado.

O procedimento analítico segue os seguintes passos:

- Ligar o aparelho 30 minutos antes da realização das análises, para aquecimento.
- Deixar as amostras a temperatura ambiente.
- Calibrar o aparelho utilizando para isso os padrões que se não vierem prontos na compra do aparelho, devem ser preparados a partir da solução estoque de formazina.
- Homogeneizar a amostra, agitando moderadamente para que não ocorra a formação de bolhas de ar.
- Enxaguar a cubeta com a amostra e enxugá-la com papel absorvente neutro macio.
- Colocar amostra na cubeta até a marca.
- Fechar a cubeta.
- Introduzir a cubeta no aparelho respeitando o alinhamento e efetuar a leitura na escala adequada em NTU. Os aparelhos digitais possuem recurso de troca automática de escala.
- Fazer a leitura de turbidez.

Como interferências na determinação da turbidez têm-se: a presença de detritos e materiais grosseiros em suspensão que se depositam rapidamente, obtendo resultados mais baixos; a cor real que interfere negativamente devido sua propriedade de absorver luz; as bolhas de ar, que por ventura sejam formadas, podem ser eliminadas vertendo cuidadosamente o líquido na cubeta, e sujeiras na cubeta, provocarão resultados super estimados.

PH - potencial hidrogeniônico

O pH de uma amostra de água pode ser determinado colocando-se uma gota da amostra em um pedaço de papel indicador. Existem dois tipos de papel indicador, o Tornassol ou Litmus e o Universal. O tipo de papel indicador a ser utilizado depende do tipo de solução a ser analisada e do grau de precisão que se deseja com a medida.

O papel de Tornassol é utilizado quando se quer determinar, simplesmente, se a solução é ácida ou básica. Já o papel Universal dá uma indicação do valor aproximado da pH da amostra que está sendo analisada. O indicador irá mudar de cor quando umedecido, e o pH será lido comparando-se a cor final do indicador com uma carta de cores, geralmente contida na embalagem do próprio indicador (Figura 11).

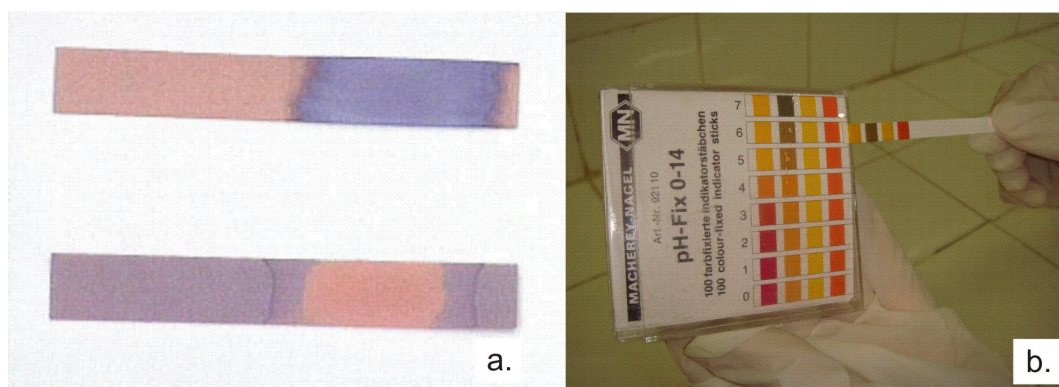



Figura 11. Papel indicador de pH. a) Papel Tornassol ou Litmus; b) Papel Universal.

Interpretação do resultado:

- pH menor que 7: indica que a água é ácida;
- pH igual à 7: indica que a água é neutra;
- pH maior que 7: indica que a água é básica.

Pelo método eletrométrico o pH é determinado por meio de um equipamento denominado pH-metro (Figura 12) com eletrodo específico e soluções tampões (pH 4.0; pH 7.0 e pH 10,0). O método baseia-se na determinação da atividade hidrogeniônica de uma amostra utilizando-se um sensor íon seletivo (eletrodo) em conjunto com um medidor de atividade iônica (pH-metro). O sensor em contato com a amostra mede a diferença de potencial causada pela atividade de íons hidrogênio presente na amostra e no sensor e envia ao pH-metro sob a forma de sinal elétrico que o converte em leitura direta de valor de pH.

O procedimento segue as etapas abaixo:

- Checar o aparelho com solução tampão de pH conhecido.
- Antes de começar as leituras, e entre uma amostra e outra, deve-se lavar o eletrodo e a sonda, com água desmineralizada e enxugar com papel absorvente.
- Colocar em um becker a amostra, mergulhar os eletrodos e aguardar estabilização.
- Ligar o botão de pH e realizar a leitura.

Os resultados de ensaios de pH no laudo de análises devem conter apenas uma casa decimal. Como também deve constar no laudo de resultados o valor da temperatura da amostra no momento em que foi realizada a análise de pH.

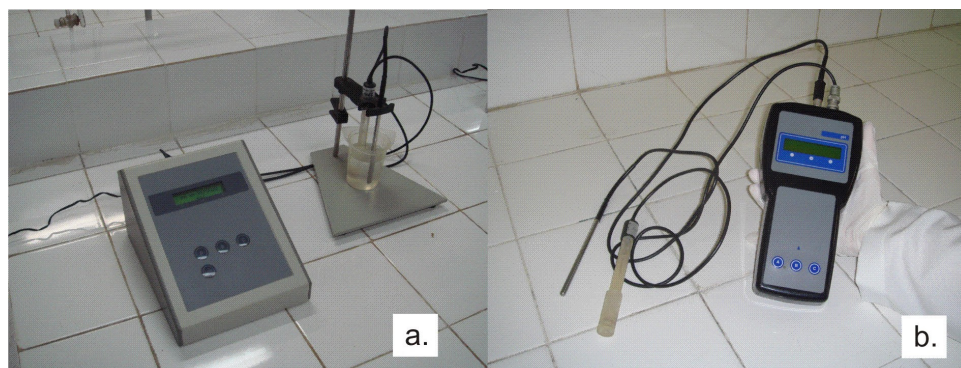



Figura 12. Medidores de pH. a) pH-metro de bancada; b) pH-metro portátil.

A freqüência de calibrações do pH-metro depende da freqüência de medições e da qualidade do instrumental. Quando o instrumento é estável e as medições são freqüentes, as padronizações são menos freqüentes. No caso de as medições serem feitas ocasionalmente, deve-se padronizar o instrumento antes do uso. Cada instrumento vem, normalmente, acompanhado das instruções de calibração e uso.

A manutenção dos eletrodos, assim como foi visto na calibração e uso, também deve seguir as instruções que acompanham o equipamento.

A faixa de medição vai de 0 a 14 unidades de pH. Pode ser considerada como uma faixa segura para os resultados com pH entre 2 e 12.

Cloro Residual

A determinação da concentração (mg L^{-1}) de cloro residual livre pode ser efetuada por meio de visualização colorimétrica (disco comparador), comumente usado, método iodométrico (para determinação em concentração maiores que 1 mgCl_2 L^{-1}), método da titulação amperométrica (para baixas concentrações de cloro residual – 10 a 200 μg Cl_2 L^{-1}) ou por espectrofotometria.

O método colorimétrico basea-se na oxidação da N, N - dietil -p - fenilendiamina (DPD) em presença de cloro (Cl2), ácido hipocloroso (HCLO) e íons hipoclorito (OCl-), resultando um produto de reação vermelho - violeta.

Aparelhagem utilizada:

- Comparador Calorimétrico;
- Cubetas de vidro ou de acrílico.

Reagentes:

- Cápsulas de DPD para cloro residual livre.

Técnica:

- Encher a cubeta com a amostra de água até a marca de 5,0 ml.
- Colocá-la na abertura do lado esquerdo do aparelho.
- Encher outra cubeta com a amostra a ser testada até a marca de 5,0 ml.
- Adicionar uma cápsula do reagente DPD na segunda amostra e homogeneizar.
- Colocar a cubeta no compartimento localizado à direita do aparelho.
- Após três minutos, e não mais que seis minutos, proceder a leitura.

Ao fazer a leitura, posicionar o comparador contra uma fonte de luz, rotacionando o disco do aparelho até que se obtenha a mesma tonalidade nos dois tubos.

O resultado é expresso em mg L^{-1} de cloro residual livre.

Alumínio

Os procedimentos analíticos e metodologias para determinação de alumínio varia de acordo com a disponibilidade de equipamentos e com os objetivos a serem alcançados. Nesta seção, será abordado apenas a metodologia que utiliza o Espectrofotômetro de UV-visível (Figura 13), deixando claro que outros métodos poderão ser utilizados, a saber: fotômetros e o método colorimétrico comparativo (baixa precisão).

Figura 13. Espectrofotômetro de UV - visível

O principio do método baseia-se na reação entre a Eriocromocianina R e o alumínio em meio tamponado com pH de 6,0, produzindo um complexo avermelhado para rosa, que apresenta máxima absorbância a 535nm. A intensidade da cor depende da concentração de alumínio, tempo de reação, temperatura, pH, alcalinidade e concentração de outros íons existentes na amostra. Os limites de detecção do método são de 0,02 a 0,20 mg L^{-1}. As amostras deverão ser coletadas em frasco plástico e a análise de alumínio deve ser realizada no mesmo dia ou até 24 horas após a coleta. No procedimento analítico as amostras devem estar em temperatura ambiente. Em toda nova análise e/ou troca da solução de Eriocromocianina-R deve-se traçar uma nova curva de calibração. Para isso deve ser preparada uma solução padrão de trabalho e a partir daí padrões com valores de concentrações conhecidas; e em seguida efetuar a leitura dos padrões seguindo a instrução específica para cada tipo de equipamento. Em seguida, faz-se as leituras das amostras, que devem ser homogeneizadas antes de cada leitura.

Para a determinação de alumínio, as amostras deverão ter sua cor, flúor e turbidez previamente determinadas; caso seja necessário filtrar a amostra, não usar papel de filtro ou algodão, pois o alumínio dissolvido poderá ser removido da amostra.

Fluoretos

Para determinação de íons fluoreto (F^-) em água os métodos mais satisfatórios são o de eletrodo e o colorimétrico. O método do eletrodo é conveniente utilizado para concentrações de fluoreto entre 01 e 10 mg L^{-1}, dessa forma, o eletrodo mede concentrações de fluoreto, livre da interferência de outros fatores.

Equipamento necessário para análise de fluoretos: medidor potenciométrico com eletrodo específico para fluoreto e de referência ou eletrodo combinado para fluoreto. Para calibrar o equipamento, primeiro os padrões devem estar à temperatura ambiente e em concentrações conhecidas. Enxaguar os eletrodos e o compensador de temperatura com água desmineralizada e secar com papel de filtro; calibrar o equipamento, efetuando a medição dos padrões e registrando seu valor.

Para a conservação dos equipamentos recomenda-se realizar semanalmente a manutenção do eletrodo de referência e troca da solução interna do mesmo; e se for eletrodo combinado, seguir as instruções conforme manual do equipamento ou substituir o eletrodo, quando necessário.

Cuidados Gerais

- Devem-se inspecionar semanalmente os eletrodos para detectar possíveis defeitos mecânicos, arranhões, trincas ou acumulação de cristais e depósitos na junção da membrana.

- Se a leitura se tornar lenta, efetuar procedimento de limpeza e manutenção específica para cada tipo de eletrodo; contudo, se a limpeza for excessiva, pode diminuir o rendimento do eletrodo e também sua vida útil.

- Não friccionar o corpo dos eletrodos. A transferência de carga estática poderá resultar numa resposta lenta e errada.

- Sempre manter a agitação lenta e uniforme, para obter uma medição representativa e melhorar o tempo de resposta do eletrodo. Usar um agitador magnético com controle de velocidade e que tenha, preferencialmente, uma proteção entre o fundo do recipiente da amostra e a placa agitadora, para impedir a transferência térmica.

Noções Básicas de Tratamento de Água

OBIETIVOS:

Apresentar os diferentes processos unitários de tratamento de água, avaliando as características de cada um.

Neste capítulo são abordadas noções básicas de tratamento da água bem como apresentados os processos e operações unitárias empregadas.

O tratamento visa reduzir a concentração de poluentes na água bruta até o ponto em que atenda à qualidade necessária a um determinado uso previsto, envolvendo um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos. A água a ser utilizada para o abastecimento público deve ter sua qualidade ajustada de forma a:

- Atender aos padrões de qualidade exigidos pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.
- Prevenir o aparecimento de doenças relacionadas com a água, protegendo a saúde da população.
- Tornar a água adequada a serviços domésticos.
- Prevenir o aparecimento da cárie dentária nas crianças, através da fluoretação.
- Proteger o sistema de abastecimento de água, principalmente tubulações e órgãos acessórios da rede de distribuição, dos efeitos danosos da corrosão e da deposição de partículas no interior das tubulações.

O tratamento pode ser parcial (ou simplificado) e completo, de acordo com a análise prévia das características físicas, químicas e biológicas da água. Quanto mais poluído o manancial, mais complexo será o processo de tratamento e, portanto, mais cara será a água distribuída à população. O tratamento coletivo é efetuado na Estação de Tratamento de Água (ETA), onde a água passa por diversos processos de depuração.

Kawamura (2000) destaca que a definição da tecnologia a ser empregada no tratamento da água deve-se pautar, principalmente, nas seguintes premissas:

a) características da água bruta, custos de implantação, manutenção e operação da ETA;

b) manuseio e confiabilidade dos equipamentos;

c) flexibilidade operacional;

d) localização geográfica e características da comunidade;

e) disposição final do lodo.

A escolha de determinada tecnologia de tratamento deve, finalmente, conduzir ao menor custo sem, contudo, deixar de lado a segurança na produção de água potável. A Figura 14 ilustra, por meio de um organograma, os diferentes aspectos relacionados ao tratamento da água.

Segundo Di Bernardo (1993), as tecnologias de tratamento evoluíram consideravelmente a ponto de se afirmar que, qualquer água pode ser tratada e destinada ao consumo humano, embora os custos e riscos envolvidos possam ser extremamente elevados.

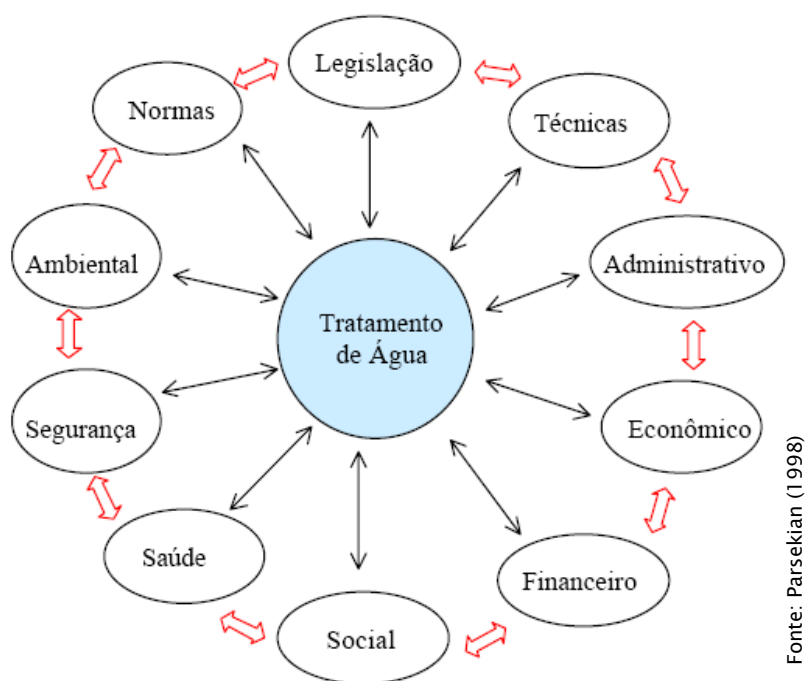



Figura 14. Organograma dos aspectos relacionados ao tratamento de água

Processos e Operações Unitárias

As tecnologias de tratamento podem adotar, conforme as características da água bruta, a combinação das etapas de clarificação, desinfecção, fluoretação e controle de corrosão, nas quais processos e operações unitárias podem se inserir. O objetivo de cada etapa é:

- Clarificação – remover os sólidos em suspensão e dissolvidos presentes na água.
- Desinfecção – eliminar os microrganismos que provocam doenças.
- Fluoretação – prevenir a cárie dentária.
- Controle de corrosão – proteger tubulações e órgãos acessórios da rede de distribuição.

Você Sabia!

Nas **Operações Unitárias** de tratamento de água predominam a aplicação de forças físicas (peneiramento, mistura, floculação, sedimentação, flotação, filtração e transferência gasosa).

Nos **Processos Unitários** a remoção de contaminantes é realizada pela adição de espécies químicas ou por reações

Os principais processos que podem ocorrer durante a clarificação são: coagulação; floculação; sedimentação e filtração. Quando todos os processos citados são previstos em uma instalação de tratamento, além da desinfecção, tem-se o denominado tratamento clássico, convencional ou completo. A Figura 15 apresenta o fluxograma do processo convencional de tratamento de água.

Quando as características da água permitirem, apenas a desinfecção faz-se necessária para sua adequação aos padrões de potabilidade. Isto geralmente ocorre quando a fonte de captação de água são mananciais subterrâneos profundos (lençol artesiano). Para água superficial suas características, em termo de qualidade, tornam-se o principal fator na definição da tecnologia de tratamento a ser empregada (LIBÂNO, 2005). Usualmente, nesse caso, os padrões de potabilidade podem ser atendidos pelos processos de clarificação e de desinfecção.

A etapa de fluoretação é prevista objetivando atender a legislação federal (Portaria nº 6.35/75, do Ministério da Saúde), que recomenda o uso deste produto nas águas de abastecimento. Já o controle de corrosão é feito baseado na preocupação econômica de preservar a integridade das instalações.

Fonte: Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais – UNICAMP

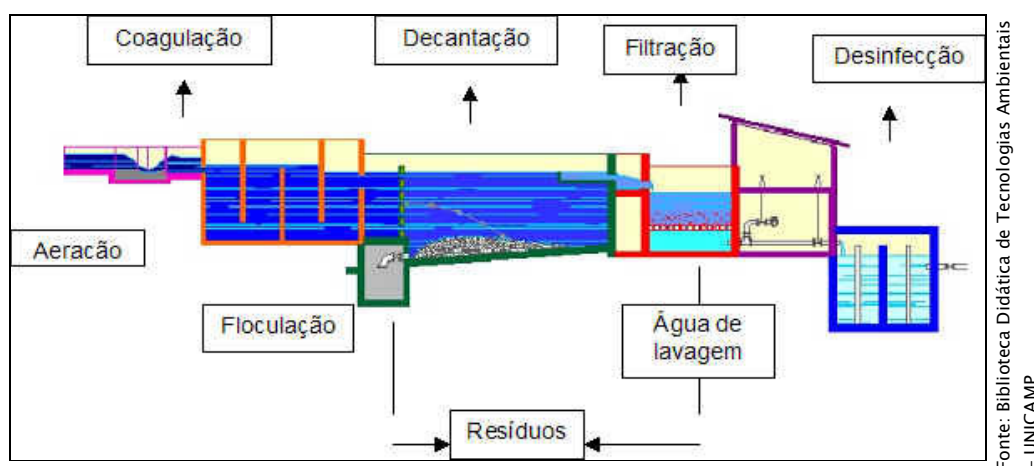



Figura 15. Fluxograma do processo convencional de tratamento de água.

Ainda em função das impurezas presentes nas águas naturais, outros processos diferentes dos anteriormente descritos podem se mostrar necessários. Vários desses processos são complexos, apresentando custo elevado e uma operação especializada. O Quadro 6 apresenta, de uma forma ampla, os principais processos de tratamento, com os respectivos objetivos.

Quadro 6. Processos de tratamento da água e respectivos objetivos.

Processos		**Objetivos**
+ Freqüente	**– Freqüente**	
Clarificação	–	Remoção de turbidez, de microrganismos e de metais pesados.
Desinfecção	–	Remoção de microrganismos patogênicos.
Fluoretação	–	Proteção da cárie dentária infantil.
Controle de corrosão e/ou de incrustação		Acondicionar a água, de maneira a evitar feitos corrosivos ou incrustrantes no sistema de abastecimento e nas instalações domiciliares.
–	Abrandamento	Redução da dureza, remoção de alguns contaminantes inorgânicos.
–	Adsorção	Remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos, controle de sabor e odor.
–	Aeração	Remoção de contaminantes orgânicos e oxidação de substâncias inorgânicas, como o Fe e o Mn.
–	Oxidação	Remoção de contaminantes orgânicos e de substâncias inorgânicas, como o Fe e o Mn.
–	Tratamento com membranas	Remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos.
–	Troca iônica	Remoção de contaminantes inorgânicos.

Fonte: BARROS *et al* (1995)

Além de todos os processos já citados anteriormente, uma variedade de equipamentos como grades, crivos e telas que podem ser empregados nas estações de tratamento de água em combinações diversas, a depender da qualidade da água bruta, da qualidade desejada para a água tratada e de outros fatores.

Conforme pode ser observado no Quadro 6, a presença de componentes orgânicos ou inorgânicos na água bruta, em concentrações excessivas, conduz à necessidade de se implantar processos especiais, com elevado custo e operação complexa. Obviamente, uma adequada seleção do manancial ou um apropriado gerenciamento da sua bacia contribuinte são as formas de se prevenir à presença de componentes indesejáveis nos corpos d'água (BARROS *et al*, 1995).

A Resolução 357/05 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) e a NBR 12.216 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1990) norteiam a definição da tecnologia de tratamento com base na classe de enquadramento do corpo hídrico e, conseqüentemente, nos limites das concentrações de impurezas presentes na água, conforme os Quadros 7 e 8, respectivamente.

Quadro 7. Tratamento requerido em função do enquadramento do corpo hídrico, segundo Resolução CONAMA 357/05

Classificação	Tratamento Requerido
Classe especial	Desinfecção
Classe 1	Tratamento simplificado
Classe 2	Tratamento convencional
Classe 3	Tratamento convencional
Classe 4	Águas destinadas a usos menos exigentes

Fonte: Brasil, 2005

Quadro 8. Tratamento requerido em função do manancial e da qualidade da água, segundo a NBR 12.216/92

Parâmetro	Tipo de Tratamento			
	A Subterrâneas ou superficiais, bacias protegidas atendendo ao padrão de potabilidade quanto aos demais parâmetros.	B Subterrâneas ou superficiais, bacias não protegidas atendendo ao padrão de potabilidade quanto aos demais parâmetros.	C Superficiais, bacias não protegidas, exigindo coagulação para atendimento do padrão.	D Superficiais, bacias não protegidas, sujeitas a fonte de poluição, exigindo processos especiais de tratamento.
DBO5,20 média (mg/L)	< 1,5	1,5 a 2,5	2,5 a 4,0	> 4
DBO5,20 máxima	1 a 3	3 a 4	4 a 6	> 6
CF total mensal (NMP/100mL)	50 a 100	100 a 5000	5000 a 20000	> 20000
CF total máxima (NMP/100mL)	> 100 em menos de 5% das amostras	> 5000 em menos de 20% das amostras	> 20000 em menos de 5% das amostras	-
Cloretos	<50	50 a 250	250 - 600	> 600
pH	5 a 9	5 a 9	5 - 9	3,8 a 10,3
Fluoretos	< 1,5	1,5 a 3,0	> 3	-

Tratamento tipo A - desinfecção e correção de pH;
Tratamento tipo B - desinfecção, correção do pH e (a) sedimentação simples (desde que o efluente se enquadre no padrão de potabilidade) ou (b) filtração, precedida ou não de decantação (para águas afluentes a estação com turbidez inferior a 40 uT e cor aparente a 20uC);
Tratamento tipo C - coagulação, seguida ou não de decantação, filtração rápida, desinfecção e correção de pH;
Tratamento tipo D - tratamento mínimo tipo C e complementar apropriado a cada caso.

Grades, crivos e telas

Destinam-se a remoção de substâncias grosseiras flutuantes ou em suspensão na água. É considerado como sendo um tratamento preliminar e sua utilização depende das características do manancial. Geralmente, o gradeamento é instalado no sistema de captação da água. Na Figura 16 pode ser visto o gradeamento na tomada de água (barragem de nível) da ETA-Gramame, no estado da Paraíba.

Figura 16. Gradeamento na barragem de nível da ETA Gramame - João Pessoa/PB.

Aeração

As águas naturais, normalmente, apresentam gases dissolvidos predominando os constituintes do ar atmosférico - nitrogênio e oxigênio - e o gás carbônico. Pode conter também substâncias voláteis. Com elevado teor de gás carbônico a água apresenta característica de agressividade (corrosão).

A aeração ou arejamento consiste em se provocar a troca de gases e substâncias voláteis entre a água e o ar, maneira a se obter um equilíbrio satisfatório para os teores destas impurezas.

De acordo com Leme (1990), a aeração é utilizada para a remoção de ferro e manganês quando presentes na água nas formas de compostos solúveis ferrosos e manganosos. Esses, ao se oxidarem pela introdução de oxigênio se tornam férricos e mangânicos, que sendo insolúveis podem, então, ser removidos. Substâncias voláteis que tenham influência sobre o sabor e odor da água também podem ser removidas pelo processo de aeração (HESPANHOL e AMARAL e SILVA, 1971). Alguns compostos orgânicos, resultantes da decomposição das algas e outros vegetais aquáticos, também podem ser oxidados através da aeração, que, deste modo, elimina gosto e odor ofensivo.

A aeração é tanto mais efetiva quanto maior for o tempo de exposição à superfície de contato e maior a agitação da água.

Em geral justifica-se a aeração no caso em que a água a tratar apresenta carência ou excesso de gases e substâncias voláteis intercambiáveis. Assim, o processo é aplicável, basicamente, para a água que não estava em contato com o ar, como por exemplo: água subterrânea (de poços); água captada em galerias de infiltração; água proveniente de partes profundas de grandes represas.

Na prática encontra-se uma grande variedade de tipos de aeradores. As mais comuns são: aeradores de queda por gravidade (do tipo cascata e de tabuleiro); aeradores de repuxo; aeradores de borbulhamento. A Figura 17 apresenta um aerador do tipo cascata, nesse tipo a água cai livremente para apresentar grande superfície de contato com o ar, sendo recolhida em nível inferior (tanque), o que implica em perda de carga.

Figura 17. Aerador tipo cascata (ETA da cidade de Cajazeiras - Paraíba).

Coagulação

Dar-se o nome de coagulação ao processo de formação de coágulos, por meio da reação de compostos químicos (coagulantes) com impurezas da água, de modo a promover um estado geral de equilíbrio eletroestaticamente instável das partículas, no seio da massa líquida. Dessa forma, eliminando-se ou reduzindo-se a "barreira de energia" que impede a aproximação entre as diversas partículas presentes, criam-se condições para que haja aglutinação (formação de flocos) das mesmas.

A dosagem do coagulante aplicado é função da qualidade da água bruta, que pode variar no período das chuvas. Essa é determinada por meio de testes realizados em laboratório em equipamento chamado Jar-Test (equipamento de coagulação, floculação e sedimentação). A Quadro 9 apresenta coagulantes químicos utilizados no processo e auxílio de coagulação, sendo os mais utilizados o sulfato de alumínio e o cloreto férrico. São sais que, em solução, liberam espécies químicas de alumínio ou de ferro, respectivamente, com alta densidade de cargas elétricas, de sinal contrário às manifestadas pelas partículas presentes na água bruta, eliminando, assim, as forças de repulsão eletrostática originalmente presentes. A alta velocidade inicial de mistura (mistura rápida) assegura dispersão pronta e adequada dos compostos químicos na água em tratamento.

Assim, no tratamento, a finalidade da coagulação química é transformar impurezas que se encontram em suspensão fina na água, em estado coloidal ou em solução, em partículas

maiores (flocos) para que estes possam ser removidos posteriormente, por sedimentação e/ou filtração. Espera-se com isso, reduzir, principalmente, turbidez, matéria orgânica coloidal, substâncias tóxicas de origem orgânica e inorgânica e outras passíveis de conferir odor e sabor à água, microrganismos em geral e os precursores da formação de trihalometanos elevando-se a qualidade da água distribuída (LIBÂNIO, 2005).

Quadro 9. Produtos químicos utilizados no processo e auxílio de coagulação

Produto químico utilizado para coagulação	Produto químico utilizado para auxílio a coagulação (*)
Sulfato de alumínio	Bentonita
Sulfato ferroso	Carbonato de cálcio
Cloreto férrico	Silicato de sódio
Aluminato de sódio	Hidróxido de sódio

(*) esses produtos não produzem coagulação quando aplicados isoladamente a uma água, mas melhoram os resultados quando são usados em combinação com um coagulante.

O processo da coagulação é realizado na unidade de mistura rápida da ETA (Figura 18). Essa unidade está presente na quase totalidade das tecnologias de tratamento, excetuando-se a filtração lenta. Nas estações convencionais, a eficiência da coagulação influi no desempenho das demais etapas do tratamento, favorecendo a qualidade microbiológica do efluente, aumentando a duração das carreiras dos filtros e reduzindo o custo do metro cúbico de água tratada.

A mistura rápida pode ser realizada por métodos mecânicos ou hidráulicos. Na essência, como a própria NBR 12216 enfatiza, qualquer singularidade ou equipamento em tubulação, canal ou câmara que confira o gradiente de velocidade e o tempo de detenção recomendados pode ser utilizado como unidade de mistura rápida. No entanto, um dispositivo muito utilizado nas estações de tratamento da água com dupla finalidade de medir a vazão afluente e realizar a mistura rápida é a calha “Parshall”. Trabalha normalmente com descarga livre, passando a corrente líquida de uma condição de escoamento supercrítico para subcrítico, causando o ressalto.

Figura 18. Unidade de mistura rápida (ETA da cidade de Catolé do Rocha - Paraíba).

Nas ETAs brasileiras, é prática comum locar as unidades de mistura rápida o mais próximo possível dos tanques de preparo das soluções de coagulantes, e, principalmente, de alcalinizante, com o objetivo de reduzir o entupimento nos condutos.

Como regra geral, a unidade ou câmara de mistura rápida deve ficar o mais próximo possível dos tanques de floculação. A situação ideal seria aquela em que a floculação seguisse imediatamente esta unidade. Caso contrário, a água coagulada ao percorrer o longo canal (a baixo gradiente de velocidade) entre a câmara e os tanques de floculação, formará flocos fracos que, serão rompidos, em decorrência do gradiente mais elevado no início dos tanques de floculação.

Floculação

A mistura lenta ou floculação é um dos processos unitários de clarificação. Nele, as moléculas em estado de equilíbrio eletroestaticamente instável no seio da massa líquida são forçados a se movimentar, a fim de que sejam atraídas entre si formando flocos que, com a continuidade da agitação, tendem a aderir uns aos outros, tornando-se pesados. Dessa forma, o objetivo da floculação é a redução do número de partículas suspensas e coloidais presentes na água bruta, através da formação de partículas maiores (flocos) que são removidos, posteriormente, por sedimentação/flotação ou, na filtração direta (LIBÂNIO, 2005).

A floculação ocorre nos floculadores, que devem ficar localizados imediatamente após a unidade de mistura rápida. Nos floculadores a água é agitada em velocidade controlada para aumentar o tamanho dos flocos. Assim, devido a lenta agitação as partículas coaguladas se tornam suficientemente grandes para sedimentar rapidamente (HESPANHOL e AMARAL e SILVA, 1971).

Os floculadores têm sido classificados em hidráulicos ou mecanizados. A distinção entre eles fundamenta-se na forma de transferência de energia à massa liquida, hidráulica ou mecanicamente, para que possam ocorrer os choques entre as partículas desestabilizadas e a conseqüente formação dos flocos. O método hidráulico mais comum é o sistema de chicanas (Figura 19), no qual a água pode escoar no sentido horizontal (raramente empregadas no Brasil) ou vertical geralmente encontrados nas estações de tratamento. Nesse caso, o grau de agitação depende unicamente da velocidade de escoamento da água, sendo que esta, ao longo das chicanas, apresenta resultado satisfatório na faixa de 0,10 a 0,30m.s^{-1}.

Figura 19. Floculador hidráulico (fluxo vertical) em chicana da ETA de Sousa.

As unidades de floculação mecanizadas distinguem-se basicamente pelo eixo, vertical ou horizontal, por meio dos quais as paletas, turbinas ou hélices estão conectadas aos conjuntos motor-bomba (Figura 20). A faixa de gradientes de velocidade de floculação usualmente aplicada culmina em rotação de 2 a 15rpm. A velocidade de rotação do equipamento pode ser controlada de maneira a alterar o seu grau de agitação para a condição ótima, considerando às características ou quantidade da água, ou segundo o tipo de coagulante utilizado.

Figura 20. Floculador mecanizado da ETA de Marés – João Pessoa.

Decantação

O processo de sedimentação para remoção de partículas sólidas em suspensão é um dos mais comuns no tratamento da água. Consiste na utilização das forças gravitacionais para separar partículas de densidade superior a da água (flocos), depositando-as em uma superfície ou zona de armazenamento. As partículas que não são removidas na sedimentação, seja por seu pequeno tamanho ou por sua densidade muito próxima a da água, deverão ser removidas na filtração. A sedimentação de partículas floculadas é usualmente chamada de decantação e, a unidade onde se realiza este processo, de tanques de decantação ou, simplesmente, decantadores. A eficiência desse processo depende das etapas que o precedeu, ou seja, a coagulação e floculação. Quanto maior for esta eficiência maior serão a taxa de filtração e o períodos entres lavagens do filtro, sem prejuízo para a qualidade da água filtrada.

Os decantadores podem ser classificados segundo a sua forma geométrica e a trajetória de escoamento que neles se processa. Podem ser retangulares ou circulares, com escoamento horizontal, ou ainda quadrados, e neste caso, o escoamento pode ser vertical (LEME, 1990). Na Figura 21 observa-se um decantador de fluxo horizontal. Essas unidades respondem por 60 a 70% da área da estação de tratamento. Os decantadores de escoamento horizontal apresentam-se, normalmente, na forma retangular com a perspectiva de aproveitamento comum das paredes para construção de floculadores e filtros. A forma circular apresenta utilização mais restrita.

Figura 21. Decantador de fluxo horizontal da ETA-Gravatá/Paraíba.

Filtração

Filtração é o processo de separação sólido – líquido, envolvendo fenômenos físicos, químicos, e as vezes, biológicos. É a passagem da água por um leito de material granular, através do qual ocorre a separação de partículas nela presentes. Então, no tratamento de água para consumo humano, os filtros são utilizados para remover materiais finos, orgânicos e inorgânicos, responsáveis pela cor e turbidez. Podem, eventualmente, remover também o conteúdo

bacteriano e as impurezas que provocam sabor e odor. No tratamento os filtros formam uma barreira sanitária uma vez que, não se pode garantir uma adequada segurança da água não filtrada, com relação da presença de patogênicos. Além disto, dificilmente obtém-se o atendimento ao padrão de turbidez, sem que se submeta a água bruta à filtração. Por isto, em determinadas situações, dependendo das características da água bruta, os demais processos citados anteriormente podem ser dispensados, a filtração não.

Nas estações de tratamento convencionais a filtração tem a função de corrigir as possíveis falhas que por ventura tenha ocorrido nas etapas de coagulação, floculação e sedimentação/flotação, assegurando, assim, a qualidade da água tratada.

Tradicionalmente, existem dois processos distintos de filtração, em função da velocidade: filtração lenta ou rápida. A opção por um deles depende, principalmente, da qualidade da água bruta e do volume a ser tratado e implica em profundas diferenças no projeto da ETA.

A filtração lenta é usada, principalmente, em pequenas cidades para o tratamento das águas de abastecimento. Já os filtros rápidos são unidades essenciais em uma estação convencional.

As vantagens da filtração lenta sobre a rápida são entre outras: o não emprego de produtos químicos, na maioria das vezes; a obtenção de água de características menos corrosiva; a simplicidade dos equipamentos e aparelhos empregados; a facilidade de operação dos filtros. Como desvantagem tem-se: a ocupação de uma área relativamente grande para a instalação dos filtros; a pouca eficiência para a redução da cor; a pequena flexibilidade para adaptações às demandas de emergência.

Do ponto de vista do comportamento hidráulico, as unidades de filtração rápida podem ser classificadas em: filtração de fluxo descendente (de camada simples-areia e de camada dupla - areia e antracito) e de fluxo ascendente. Os filtros de fluxo ascendente são conhecidos como filtros Russos e é aplicável para água bruta de baixa turbidez, pouco poluída e que não sofra variações bruscas de qualidade.

Os filtros empregados no tratamento de água, ou seja, os meios filtrantes, assentam-se sobre camada de cascalho, pedregulho ou seixos rolados, denominada camada-suporte, como pode ser visto na Figura 22.

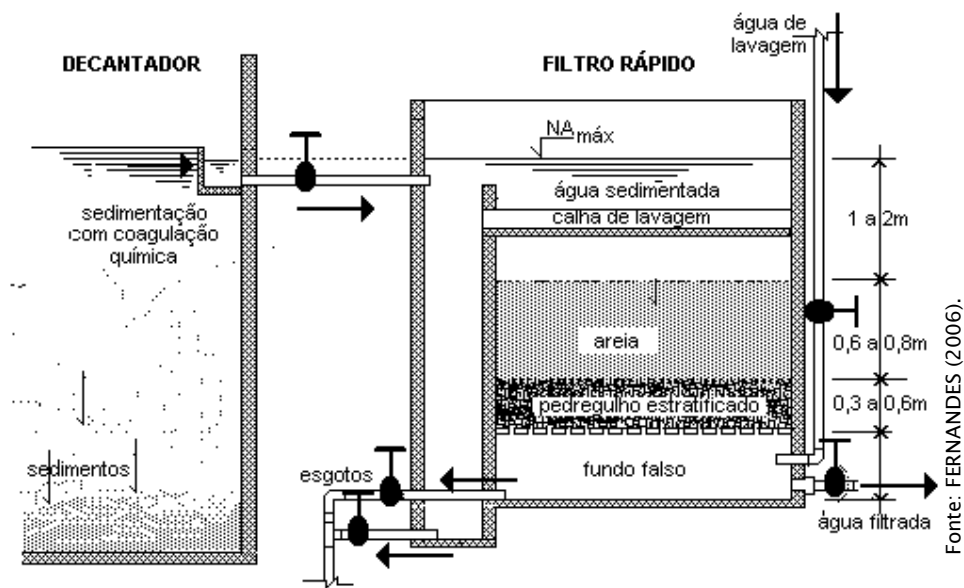



Figura 22. Esquema vertical de um filtro onde pode ser visto a camada suporte e o leito filtrante.

A principal função da camada suporte é evitar que os grãos do meio filtrante e a água de lavagem passem, através dos orifícios dos dispositivos de coleta de água filtrada, e sejam arrastados com o efluente (água tratada).

No Brasil, utilizam-se quase que exclusivamente meios filtrantes constituídos apenas por areia, denominados de filtros de areia ou de camada simples, embora sejam utilizados também filtros de camada dupla, constituídos de areia e antracito. Outro tipo de filtro utilizado no Brasil, embora de forma incipiente, é o de carvão ativado granular, cujo objetivo principal é a adsorção de pesticidas ou de outros compostos orgânicos capazes de conferir sabor e odor à água tratada.

Desinfecção

Vários são os processos e tipos de remoção de microrganismos presentes na água, entre eles a desinfecção. A desinfecção é necessária porque não é possível assegurar a remoção total de microrganismos patogênicos pelos processos físicos e químicos usualmente utilizados no tratamento da água.

Entre os agentes de desinfecção (desinfetantes) o mais largamente empregado é o cloro (cloração) porque: é facilmente disponível como gás, líquido ou sólido (hipoclorito); é barato; é fácil de aplicar devido à sua alta solubilidade (7,0g/L a, aproximadamente, 20ºC); deixa um residual em solução de concentração facilmente determinável, que, não sendo perigoso ao homem, protege o sistema de distribuição da água; é capaz de destruir a maioria dos microrganismos patogênicos.

A cloração tem, então, caráter corretivo e preventivo. No caráter corretivo objetiva-se a eliminação de organismos patogênicos que possam está presentes na água, incluindo bactérias protozoários e vírus. Já no caráter preventivo, mantêm-se um residual de cloro na água distribuída à população, caso ocorra alguma contaminação na rede de distribuição.

O Quadro 10 mostra de uma forma resumida os tipos e processos de remoção de microrganismos patogênicos.

Quadro 10. Tipos e processos de remoção de microrganismos patogênicos

Tipo de remoção de microrganismos patogênicos	Processo de remoção de microrganismo
Por mais de uma ação física	Coagulação-floculação, sedimentação e filtração.
Por morte natural	Ocorre em água armazenada por determinado período, antes ou após o tratamento.
Por ação da radiação ultravioleta	De origem solar ou artificial
Por ação de produtos químicos	Introduzidos na água para fins diferentes da desinfecção.
Por meio de agentes químicos desinfetantes (desinfecção)	Que podem ser oxidantes como: o cloro, cromo, iodo, prata e ozônio.

Fonte: Leme, 1990

O emprego da desinfecção no tratamento da água permitiu que se conseguissem excelentes resultados na eficiência do sistema de controle e eliminação de vários tipos de doenças relacionadas com a água.

Segundo Fernandes (2006), a cloração é aplicável a todas as águas mas há diversos métodos de cloração os quais, na prática, devem ser examinados para que se adote a solução mais vantajosa do ponto de vista técnico-econômico. A qualidade da água e a segurança que se deve ter são fatores predominantes nesta seleção. Outros fatores são os problemas de cheiro e gosto e o tempo disponível para contato com o cloro.

Conforme o método utilizado pode-se empregar mais ou menos cloro e deve-se exigir maior ou menor tempo de contato, podendo-se, ainda, evitar a não formação de compostos clorados indesejáveis. Os métodos mais usuais em ordem crescente de quantidade de cloro e a segurança necessária são: cloração simples (processo mais usual); cloração ao ponto de quebra; supercloração; amônio-cloração; cloração com bióxido de cloro.

O cloro pode ser usado na desinfecção como: cloro gasoso; hipoclorito de sódio (NaCl- solução de 10 % de cloro ativo); hipoclorito de cálcio (chamado de percloro ou pó branco com 70 % de cloro ativo); cal clorada (chamada de cloreto de cal, pó branco com 30 % de cloro ativo e muito utilizado no tratamento de piscina); água sanitária (solução de hipoclorito de sódio com 5 % de cloro ativo). Em instalações médias e grandes emprega-se o cloro gasoso, obtido em cilindros

de aço contendo líquido e gás (Figura 23). Em instalações pequenas, menos de 40L/s, o emprego de soluções de hipoclorito pode ser mais vantajoso.

A Figura 23 apresenta as formas de utilização do cloro em estações de tratamento de água de grande e pequeno porte, respectivamente.

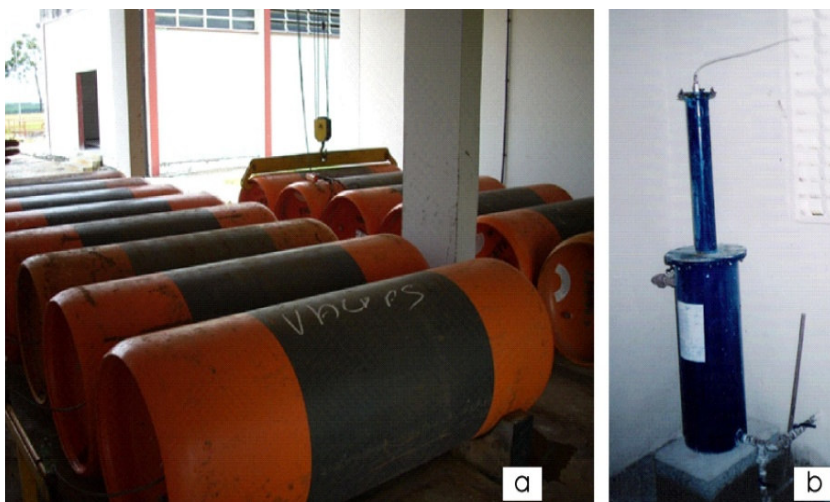



Figura 23. Formas de utilização do cloro. a) Cilindros de cloro gasoso; b) Dosador de cloro em pastilhas

Controle de Corrosão

A corrosão é um processo de ataque contínuo de corpos sólidos, especialmente metais, que envolve alterações de composição química.

No entanto, segundo Libânio (2005), no Brasil, não são raros os casos em que, por desconhecimento da compreensão sobre corrosão, adotam-se técnicas de tratamento de água que se aplicam apenas ao controle da corrosão metálica, ficando as tubulações e reservatórios de concreto ou de cimento-amianto totalmente desprotegidos. Esse fato pode resultar em prejuízos significantes, principalmente, se a água for de baixa alcalinidade, com pH inferior a 7, ou seja, águas acidas, situação típica de uma extensa área do território brasileiro, que tem por substrato geológico o embasamento cristalino.

Em canalizações, válvulas e equipamentos metálicos a corrosão representa um grande prejuízo anual para os serviços de abastecimento de água. As tubulações corroídas, além de terem a sua vida útil reduzida, apresentam menor capacidade de condução de água.

Na pratica, há várias maneiras de se evitar ou controlar a corrosão quais sejam:

a. Escolher materiais não metálicos (cimento, amianto, concreto e plásticos), ou metais resistentes à corrosão (alumínio, aço inoxidável, níquel, silício, cobre, latão e bronze) na construção.
b. Escolher revestimento metálico, tais como: zinco galvanizado ou alumínio para proteger metais.
c. Escolher revestimento não-metalicos para proteger metais.
d. Escolher produtos químicos para o tratamento de água, cujas metas incluem:
   - Deposição de revestimento ou película protetora sobre os metais.
   - Remoção de oxigênio.
   - Remoção de dióxido de carbono livre.
   - Ajustamento de pH.
e. Controle elétrico (proteção catódica).

Fluoretação

A fluoretação é a adição controlada de um composto de flúor à água de abastecimento público com a finalidade de elevar a concentração do mesmo a um teor predeterminado pela Portaria nº635/75 do Ministério da Saúde e, desta forma, atuar no controle da cárie dentária. Essa etapa ocorre, normalmente, ao final do tratamento, simultaneamente à desinfecção. Por facilidades operacionais, algumas estações façam a aplicação dos compostos de flúor ao coagulante na unidade de mistura rápida. Nessa situação, o fluoreto passa incólume por todas as etapas do tratamento.

Estudos indicam que a fluoretação da água de abastecimento público representa uma das principais e mais importantes medidas de saúde pública, podendo ser considerada como o método de controle de cárie dentária mais efetivo, quando considerada a abrangência coletiva (RAMIRES e BUZALAF, 2007).

O impacto da fluoretação no custo da água tratada é desprezível, uma vez que a economia obtida nos tratamentos dentários fica em torno de 80 vezes mais que o custo da fluoretação (LIBÂNIO, 2005).

A fluoretação efetua-se na maioria das estações por meio da aplicação de fluossilicato de sódio (Na_2SiF_6), fluoreto de sódio (NaF) e ácido fluossilícico (H_2SiF_6). Os compostos de flúor são comumente dosados na forma de soluções aquosas, e destes o cloreto de sódio constitui-se o primeiro composto empregado na fluoretação. Atualmente, em termos de número de estações de tratamento, provavelmente o fluossilicato de sódio seja o composto mais utilizado no Brasil.

Medição de Vazão e Dosagem de Produtos Químicos

OBIETIVOS:

Apresentação do conhecimento para medição de vazão através de equipamentos disponíveis na ETA e regulação da dosagem de produtos químicos.

As medições, monitoramento e testes de campo são ferramentas indispensáveis para projeto, operação e controle em sistemas de abastecimento público. É através do levantamento de informações que deve se basear o controle, os estudos e soluções visando a melhoria e otimização desses sistemas.

Dentro dessa temática, a medição de vazão associada ao processo de dosagem de produtos químicos em ETAs configura-se como uma das etapas de grande relevância para a prática de uma operação eficiente. Outras aplicações em campos distintos são possíveis, indo desde a medição de vazão de água em residências, até medição de gases industriais e combustíveis, passando por medições mais complexas como a vazão de sangue no sistema circulatório humano.

Nesse capítulo aborda-se os principais conceitos relacionados a medição de vazão e dosagem de produtos químicos em Estações de Tratamento de Água.

Conceito de Vazão

A vazão é definida como o volume de um fluido que, numa dada unidade de tempo, escoa através de determinada seção transversal de um conduto ou curso de água (Figura 24).

Através da Equação 2, a vazão pode ser facilmente calculada:

$$Q = V \cdot A \qquad (2)$$

Onde: V = velocidade do fluido (água) que atravessa a seção transversal de área A.
Em termos de unidade a vazão pode ser expressa geralmente em:

- m^3/dia → para riacho ou rios;
- L/s → para tubulações;
- L/mim → para poço ou de uma mina;
- L/s → para ETA.

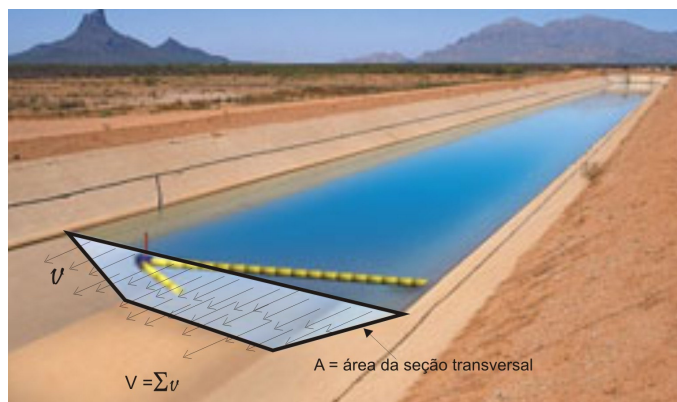



Figura 24. Representação das grandezas envolvidas no conceito de vazão

Existem inúmeros instrumentos de medição de vazão (que vai desde medições através de calhas, molinetes, placas de orifício, Venturi, magnéticos até medidores ultra-sônicos (ABNT, 1988). A Figura 25 mostra alguns tipos de medidores de vazão.

É importante salientar, que a escolha correta de um determinado instrumento para medição de vazão depende de vários fatores, dentre estes, pode-se destacar:

- exatidão desejada para a medição.
- tipo de fluido: se líquido ou gás, limpo ou sujo, número de fases, condutividade elétrica e transparência
- condições termodinâmicas: níveis de pressão e temperatura nas quais o medidor deve atuar (entre outras propriedades).
- espaço físico disponível.
- custo.

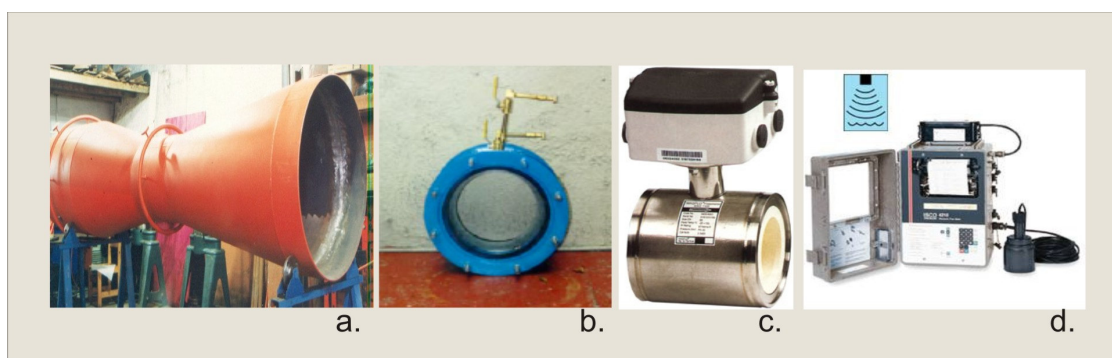



Figura 25. Tipos de medidores de vazão. a) Medidor Venturi; b) Placa de orifício; c) Medidor magnético e d) Medidor ultra-sônico.

Medição de Vazão em ETA

Em Estação de Tratamento de Água, a vazão, geralmente é determinada através do uso de calhas Parshall.

A medição de vazão em equipamentos do tipo calha Parshall se dá através de uma relação pré-estabelecida entre a altura da lamina do fluído na calha, demonstrada por meio de escala de graduação fixada no interior da mesma e sua vazão.

Para realizar esta relação, os medidores de vazão do tipo calha Parshall (Figura 26) dividem-se em três partes distintas :

a. Seção Convergente – Tem por função reduzir/adequar a velocidade do fluído em sua entrada, diminuindo a possibilidade de turbulências e aumentando a capacidade de precisão de mensuração do equipamento.
b. Seção de Estrangulamento (garganta) - Segunda seção do equipamento, onde o líquido é submetido a uma concentração produzida pelo estreitamento das laterais e/ou pela elevação do fundo do canal.
c. Seção Divergente ou de Alargamento – Posicionada na parte final do equipamento, após seu estreitamento (garganta), tem por objetivo propiciar a normalização do fluxo do canal.

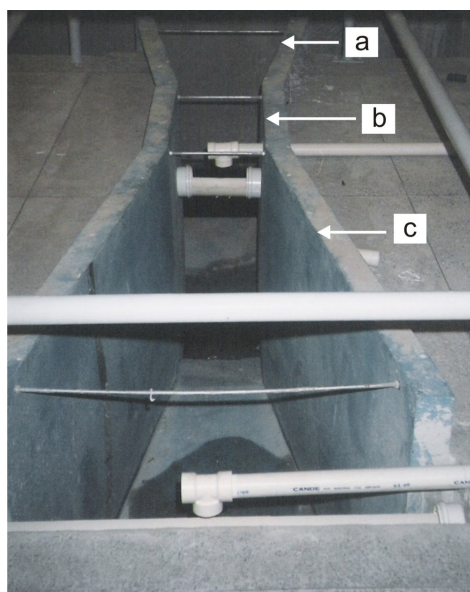



Figura 26. Seções da calha Parshall

A calha Parshall é utilizada como misturador rápido de coagulantes, sendo possível à utilização de outros dispositivos hidráulicos, mecanizados ou especiais.

No tratamento de efluentes industriais, esgotos ou água, a coagulação, como visto no Capítulo anterior, noções básicas de tratamento de água, é o processo no qual, produtos químicos denominados coagulantes, são adicionados ao meio líquido de modo a reduzir as forças de repulsão entre colóides em suspensão e proporcionar sua aproximação e flotação ou sedimentação.

Para maior eficiência do processo, a dispersão do coagulante no meio líquido deve se dar de forma homogenia e o mais rápida possível. Uma forma eficiente de se propiciar uma mistura com estas características se dá através de turbilhonamento por meio de condições de ressalto hidráulico.

Neste sentido a calha Parshall pode ser um importante aliado no processo de mistura, adicionando-se ao equipamento essa condição de ressalto hidráulico, por meio do posicionamento de placas no canal de saída da calha de modo a afogar seu fluxo de saída.

Dosagem de Produtos Químicos

A utilização de produtos químicos nas ETAs tem como objetivo, entre outros: remoção de partículas em suspensão, ajuste de pH, remoção de excesso de sais de cálcio e magnésio, controle do sabor e do odor, remoção ou controle de desenvolvimento de microrganismos e adição ou remoção de flúor.

Os produtos químicos podem estar nos estados sólido, líquido ou gasoso. Para a dosagem dos produtos sólidos, estes podem ser previamente dissolvidos ou colocados em suspensão em água, denominada dosagem por via úmida. A dosagem também pode ser direta, denominada dosagem a seco. Para os produtos líquidos, estes podem ser dosados como se apresentam ou após dissolução prévia em água. Os produtos gasosos, em geral, são dosados no próprio estado gasoso (MANFRINI, 1987).

A aplicação dos produtos químicos deve ser controlada, por meio do teor necessário, para que este exerça a ação pretendida, a este controle dá-se o nome de dosagem do produto químico. O teor é expresso em peso por unidade de volume de água, ou seja, mgL^{-1} ou gm^3.

Como o processo de tratamento de água é continuo, é necessário que o procedimento de dosagem também seja contínuo. Para isso utilizam-se aparelhos denominados dosadores, de modo a adicionar produtos químicos à água em quantidades controladas. Se a vazão ou as características da água não forem constantes, se faz necessário reajustar a quantidade aplicada, controlando a dosagem, para que seja alcançado o resultado pretendido.

O controle de dosagem de produtos químicos pode ser manual ou automático, mediante a medida de um certo parâmetro ou por meio de um programa pré-fixado.

Controle Manual

O controle manual é usado quando as variações de vazão ou de características ocorrem lentamente ao longo do tempo ou quando essas variações são previsíveis. Quando as variações ocorrem lentamente, são possíveis de ser seguidas pelo operador da instalação, que altera as dosagens a fim de se obter o efeito desejado. As variações previsíveis são as decorrentes de variações atmosféricas e de temperatura, ou ainda variações de vazão, decorrentes de ajustes impostos, para atender a alterações de demanda. O operador modificará as dosagens para novos valores compatíveis com as variações verificadas.

Controle Automático

Quando a água apresenta variações apreciáveis e freqüentes, usa-se o controle automático, exercido mediante um equipamento que mede continuamente uma característica da água e ajusta a dosagem de modo a manter constante um parâmetro relacionado com a medida feita.

Controle Programado

O controle programado é usado quando as variações são função do tempo ou quando pode ser associado a uma indicação simples; presta-se para dosagens sujeitas a grandes variações porém que não exigem grande precisão.

Dosadores de Produtos Químicos

Os dosadores de produtos químicos são dispositivos capazes de liberar quantidades pré-fixadas desses produtos na unidade de tempo, dispondo de meios para permitir o ajuste da quantidade liberada. Em geral possuem uma escala que permite determinar a dosagem que está sendo procedida. Os dosadores podem ser a seco, de líquidos e de gases.

Os dosadores a seco, são usados para dosagem de produtos secos e medem a quantidade liberada volumétrica ou gravimetricamente. A escolha entre os dois tipos leva em conta alguns aspectos como:

- os dosadores volumétricos são mais robustos que os gravimétricos;
- os gravimétricos são mais exatos que os volumétricos;
- os volumétricos não podem ser usados para produtos químicos que apresentam índice de vazão inconstante.

O produto químico a ser dosado, é depositado num silo, situado diretamente sobro o dosador. Nos casos de consumo baixo, pode ser recarregado manualmente, enquanto que no caso de consumo alto, a recarga é feita mediante equipamento adequado. Para alguns produtos químicos, o dosador pode ser colocado diretamente acima do ponto em que o produto será aplicado na água. Nesse caso deve-se fazer uma pré-diluição do produto em uma caixa colocada diretamente sob o dosador e transportar hidraulicamente a solução até o ponto de aplicação.

Os dosadores a seco volumétricos podem ser do tipo: disco giratório com eixo vertical, bandeja oscilante, cilindro giratório com eixo horizontal e hélice.

Dosadores de líquidos são usados para dosagem por via úmida ou para dosagem de líquidos e fundamentam-se em medidores de vazão ou em dispositivos medidores volumétricos. Como medidores de vazão são usados orifícios, venturis, rotâmetros e medidores magnéticos. Como medidores volumétricos são usados bombas de diafragma, bombas de pistão ou recipientes calibrados. Dosam soluções ou suspensões, desde que estas possam ser mantidas com teor uniforme mediante agitação e não interfiram com as partes constituintes do dosador utilizado. Alguns tipos de dosadores de líquidos são: orifício variáveis sob carga constante, frasco de Mariotte, vertedores ou orifícios sob carga variável, venturis e medidores magnéticos de vazão, rotâmetros, medidores volumétricos, jato móvel com vazão constante sobre abertura variável, bombas dosadores, entre outros.

A dosagem de gases é feita mediante o uso de aparelhos que regulam a vazão, independentemente de condições variáveis, tais como a pressão do gás a ser usado e a pressão necessária para introduzir o gás já dosado na água a ser tratada.

O consumo de produtos químicos é expresso pela quantidade de produtos na unidade de tempo. Pode ser expresso em peso (g, kg ou ton.) pela unidade de tempo (s, min, dia, mês ou ano). O consumo de soluções é expresso em volume (cm^3, litro, m^3) pela unidade de tempo. Na fixação do consumo é importante levar em conta as impurezas presentes no produto químico. Se o percentual de impurezas é igual a “Pi”, a dosagem pretendida é “D”, e a vazão da água a tratar é “Q”, o consumo “C” em unidades análogas às usadas para expressar a dosagem e a vazão, será obtido pela Equação 3.

$$C = \frac{100 \cdot D}{100 \cdot Pi} \cdot Q \qquad (3)$$

Todas as aplicações de produtos químicos nas estações de tratamento de água devem ser precedidas de testes laboratoriais, pelo menos diários, que determinam as dosagens a serem aplicadas no volume de água que chega a ETA. Um dos testes mais utilizados é o chamado ensaio de jarros (Jar Test) como mostra a Figura 27, que determina a dosagem ótima de coagulantes a serem empregados (SINDISAN, 2007).

Figura 27. Aparelho de “Jar-test” utilizado no ensaio para determinação de concentração de coagulante.

Operação de ETA's de filtração lenta, filtração direta, flotofiltração, clarificação por contato (filtro russo) e tratamento convencional

OBIETIVOS:

Apresentação dos procedimentos operacionais para os diversos tipos de Estações de Tratamento de Água - ETA, compreendendo suas especificidades

No século III a.C. certas preocupações com medidas sanitárias já podiam ser observadas, como, por exemplo, na relação feita entre insalubridade do meio e o paludismo (doença parasitária potencialmente mortal). Nessa época, Hipócrates tinha classificado e comparado as águas para consumo humano e recomendava a filtração ou fervura para assegurar uma boa saúde.

Na história antiga da Índia, China e Grécia está registrado o emprego de materiais granulares ou algum tipo de coador de pano, constituindo sistemas de filtração no tratamento da água que ficaram conhecidos como clarificadores. Já na história moderna, mais precisamente na primeira metade do século XIX, foi iniciado o uso da filtração lenta em leito de areia, sendo este o único processo unitário para o tratamento da água. Como o tratamento específico para exterminar bactérias patogênicas é a desinfecção, certamente que, os requisitos higiênicos, podiam não ser conseguidos na sua totalidade, uma vez que esta só foi desenvolvida posteriormente.

Atualmente, a técnica da filtração da água tem evoluído continuamente com o objetivo de aumentar a eficiência quantitativa e qualitativa dos filtros através de modificações da sua constituição e operação, de modo a permitir a redução do custo das unidades e da água filtrada (LEME, 1990).

Neste capítulo é abordada a operação dos filtros nas ETAs de filtração lenta, filtração direta, flotofiltração, clarificador por contato (filtro russo) e tratamento convencional.

Filtração lenta

O filtro lento é um tanque geralmente de forma retangular (devido à baixa taxa de filtração tem área relativamente grande), com paredes de alvenaria de pedra ou totalmente de concreto armado. Nele é colocada uma camada de areia fina, com espessura entre 0,90 e 1,20m, sobre uma de cascalho de 0,20 a 0,45 de espessura. Através destas camadas a água se desloca de

cima para baixo, sob a ação da gravidade, para libertar-se de certas impurezas. Sob a camada de cascalho é previsto um sistema de drenagem, para recolhimento da água filtrada. A Figura 28 apresenta um corte de um filtro lento de areia.

Segundo Di Bernardo (2006), o biofilme que se desenvolve sobre a camada de areia, o "schmutzdecke", expressão alemã que significa camada de sujeira (HELLER, 2006), é uma comunidade heterogênea que consiste em bactérias, algas, protozoários e invertebrados e seus produtos extracelulares etc., além de precipitados de ferro e manganês, quando estes metais se encontram no afluente. A atividade de microrganismos no "schmutzdecke", mais pronunciada no topo do meio filtrante, e se estendendo até cerca de 40cm de profundidade, é um dos fatores dos mais importantes para se obter água de boa qualidade. Contudo, para que a filtração lenta apresente resultados satisfatórios é necessário também que as características do afluente estejam limitadas a valores relativamente baixos de turbidez, cor verdadeira, sólidos suspensos, coliformes entre outros. A formação do "schmutzdecke" no topo da areia pode levar dias ou até de 2 a 3 semanas, tempo denominado de período de amadurecimento de um filtro lento.

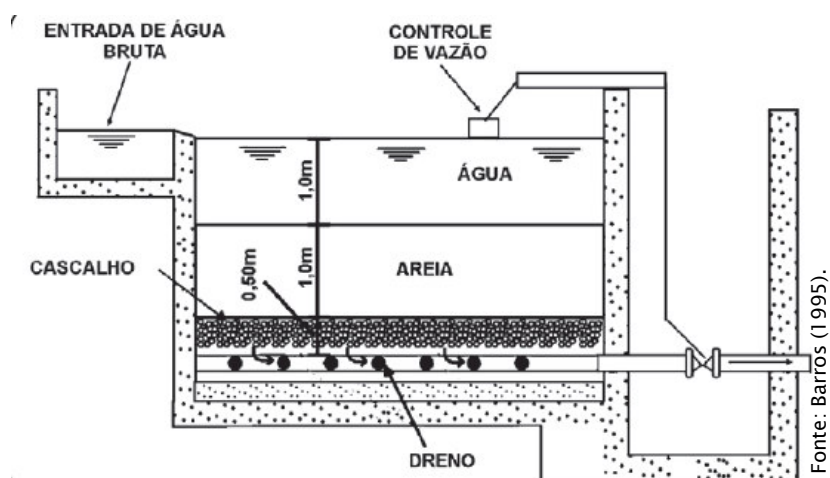



Figura 28. Corte de um filtro lento.

Dependendo do tamanho dos filtros lentos é recomendável a distribuição da água do afluente para evitar a formação de depressão no topo da areia, o que ocorre quando a entrada é feita em um único ponto. Para filtros com área em planta inferior a 50m^2 pode-se ter entrada única, desde que o jato não incida diretamente sobre o topo da areia. É recomendável também que cada filtro possua um medidor de vazão na entrada, por meio de vertedor com descarga livre ou de outros dispositivos.

Fonte:http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/tratagua/lenta/lenta1.html

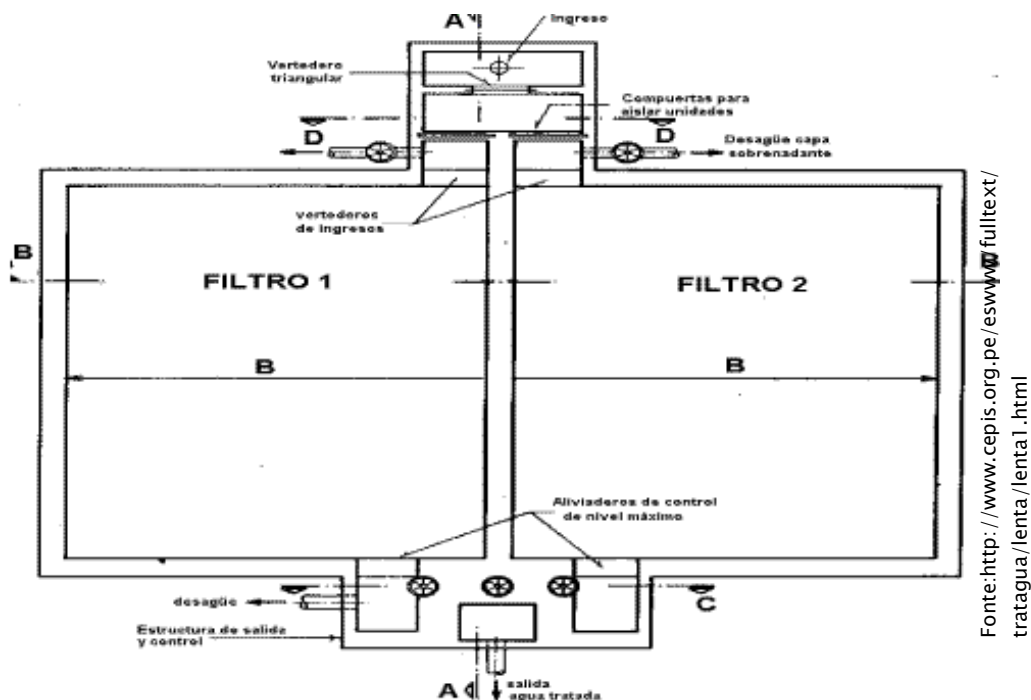



Figura 29. Filtro lento com duas áreas.

A resistência ao escoamento, inicialmente pequena, cresce à medida que a areia vai-se colmatando pelas impurezas retidas, até atingir certo valor, quando se determina a limpeza do filtro, para que este retorne às condições iniciais de funcionamento. Então, quando o filtro entra em funcionamento, a perda de carga é pequena, raramente ultrapassando 6,0cm, o que pode ser constatado com um tubo piezométrico transparente, instalado na tubulação efluente. Com o decorrer do tempo, a areia vai-se colmatando e, quando a perda de carga atinge seu valor limite de 1,20m, oportunidade em que o nível de água no tubo piezométrico fica a 10,0cm acima do nível da areia, com isso a limpeza desta deve ser providenciada.

É sempre desejável a existência de tubulação localizada próxima ao topo da camada de areia para descarga rápida do sobrenadante no final da carreira de filtração, além de extravasor em cada unidade filtrante.

Para a lavagem fecha-se, inicialmente, a entrada de água (afluente) e esvazia-se o filtro. Depois se fecha o efluente. A camada de lodo exposta ao sol, se contrai formando placas que podem ser facilmente removidas, ou então, retira-se uma camada, enquanto úmida, de 1,0 a 2,0 cm de areia com o lodo de toda a superfície filtrante. Nesse caso, a areia retirada é lavada em tanque especial e em seguida deve ser reposta ao filtro antes do início de nova operação de filtração.

É importante salientar a necessidade dos cuidados quando do enchimento de um filtro após limpeza. Esse enchimento deve ser feito através do sistema de drenagem, com água filtrada proveniente dos outros filtros em operação. Isso porque, no início da operação o biofilme ainda

não foi formado, o que interfere na qualidade da água e deve ser desprezada até que na descarga apresente-se com a qualidade desejada, que ocorre após o amadurecimento do filtro. Quando a água está em boas condições de uso, pelo tratamento, fecha-se a descarga e abre-se o efluente enviando a água para o reservatório de distribuição depois de clorada e corrigido o pH. O filtro assim operado pode fornecer água de boa qualidade durante 2 ou 3 meses.

FILTRAÇÃO DIRETA

Filtração direta inclui todas as técnicas de tratamento, onde o filtro rápido é a única unidade destinada à remoção de sólidos presentes na água e nas quais a água bruta é coagulada antes de ser encaminhada à unidade de filtração. Essa tecnologia de tratamento não-convencional de água de abastecimento vem se difundindo cada vez mais e já apresenta utilização significativa no Brasil (HELLER, 2006). A filtração rápida pode ser empregada para o tratamento de água para abastecimento em três configurações básicas distintas, apresentadas de forma esquemática na Figura 30 (MENDES *et al.*, 2003). A filtração direta descendente pode ser com ou sem pré- floculação.

Figura 30. Fluxogramas esquemáticos dos sistemas de filtração direta.

- Filtração direta descendente sem pré-floculação: a água coagulada percorre a camada filtrante de cima para baixo e a filtrada sai na parte inferior do filtro (Figura 31).

Fonte: Barros *et al.*, 1995.

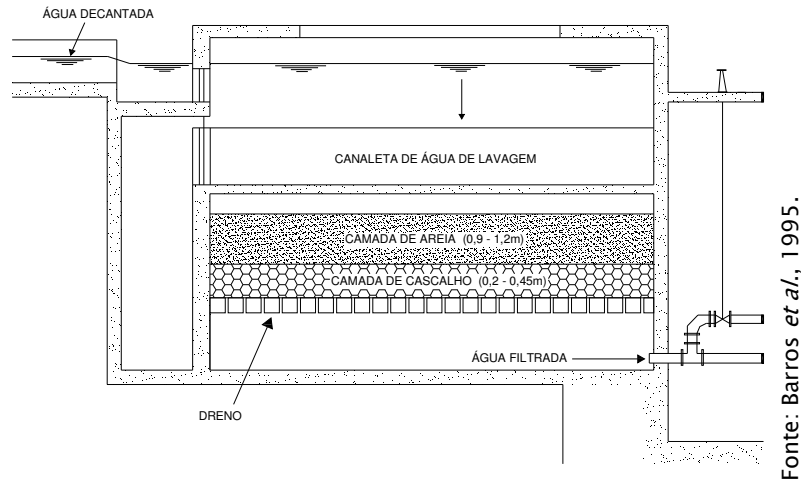



Figura 31. Corte de filtro descendente.

• Filtração direta descendente com pré-floculação: semelhante ao processo anterior, sendo que neste caso a água é coagulada e floculada antes de entrar no filtro.

• Filtração direta ascendente (filtro tipo russo): a floculação é realizada no próprio leito filtrante e a água coagulada percorre este leito de baixo para cima e a filtrada sai na parte superior do filtro. É utilizada para tratamento de água com turbidez baixa e pouca substância dissolvida. É considerada unidade completa de clarificação, não necessitando de unidades anteriores ou posteriores de tratamento (Figura 32).

Fonte: Mendes, *et al.* (2003).

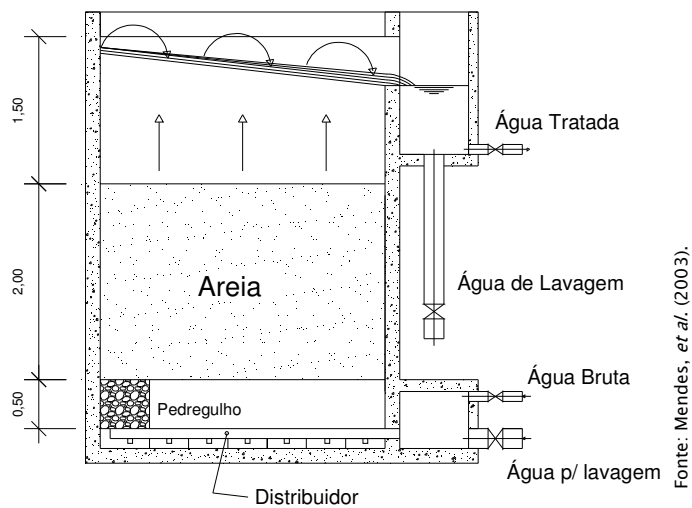



Figura 32. Corte de filtro ascendente.

• Dupla filtração: consiste na associação de filtro ascendente, que recebe a água coagulada, seguido por filtro de fluxo descendente que tem por finalidade reter as impurezas remanescentes do primeiro filtro. Assim, a água coagulada passa por uma unidade de filtração ascendente e depois por uma unidade de filtração descendente. Em relação às demais técnicas de filtração direta, esta possibilita o tratamento de água bruta de pior qualidade, com maior quantidade de material dissolvido e em suspensão devido a ação de dois filtros.

A lavagem de um filtro rápido é uma das operações mais importantes em uma estação de tratamento de água. Deve ser sempre efetuada quando a perda de carga for equivalente a certa distância entre a superfície da água no filtro e o fundo da camada de areia, ou quando a turbidez do efluente atingir um valor além do máximo de operação. Então, quando a perda de carga em um filtro atingir um valor correspondente a uma distância de 1,80 a 2,50m (adota-se usualmente 2,00m), ou quando o efluente não apresentar características satisfatórias, deve-se proceder a sua lavagem.

O tempo em que o filtro passa trabalhando entre duas lavagens consecutivas, isto é, entre o início da operação e o momento da retirada para lavagem é chamado de *carreira de filtração*. Uma carreira de filtração fica em torno de 20 a 30 horas, podendo em situações esporádicas, principalmente no início do período chuvoso, ocorrer mais de uma lavagem ao dia.

Para fazer a lavagem do filtro, fecha-se, inicialmente, a admissão da água dos decantadores e da água filtrante. Em seguida abre-se a admissão do reservatório de água para lavagem, iniciando-se a passagem da água limpa, através do sistema de drenagem do filtro, no sentido inverso com uma vazão sete ou oito vezes a vazão de filtração (operação chamada de inversão de corrente). Abre-se também a válvula da água da lavagem. A água para lavagem penetra sob pressão através dos drenos, revolve a areia e carrega a sujeira acumulada para as canaletas coletoras. Ao término dessa operação do filtro, fecha-se a admissão da água do reservatório para lavagem, abre-se a dos decantadores e inicia-se novamente a filtração com a abertura do registro da água filtrada.

É importante esclarecer que após o filtro ter sido retirado de operação, antes do fechamento da admissão da água filtrante, a carga hidráulica do filtro deve ser abaixada até o topo das canaletas de água da lavagem. Assim que as válvulas necessárias tenham sido fechadas e a da tubulação de descarte aberta, a válvula da tubulação da água para lavagem deve ser aberta gradualmente até que se atinja a vazão máxima desejada. Pode ocorrer, entretanto, "borbulhamento" provocando uma movimentação inconveniente da areia e das pedras nas áreas onde a areia compactada é repentinamente quebrada ou movimentada como uma massa única (HESPANHOL e AMARAL e SILVA, 1971).

A taxa necessária para a operação de lavagem deve ser suficiente para expandir a areia, porém insuficiente para carreá-la para a calha de coleta de água da lavagem, embora deva ser suficientemente grande para elevar as pequenas partículas (sujeira) verticalmente carregando-as para as referidas canaletas. A expansão da areia é limitada pela posição das canaletas coletoras da água da lavagem, significando, portanto, que elas devam ser colocadas a uma determinada altura acima do leito filtrante, de maneira que elimine a possibilidade de que qualquer grão de areia seja carreado através delas. Uma lavagem bastante efetiva ocorre quando o leito de areia expande, aproximadamente, 40%.

A operação de lavagem deve ser mantida até que a água que sobe através do filtro se torne clara. Nessa ocasião, as válvulas da tubulação de água para lavagem e da lavagem devem ser fechadas, recolocando-se o filtro em operação.

Segundo Heller (2006), embora o ideal seja que o escoamento da água se faça no sentido dos maiores grãos para os menores do leito filtrante, quando se tem a filtração em areia, os grãos de maior tamanho localizam-se sempre nas camadas inferiores, enquanto os menores ficam na superior. Não é possível modificar esta disposição dos grãos de areia, pois quando o filtro rápido (ascendente ou descendente) é lavado pela introdução de água no fundo do filtro, esta água expande o meio filtrante e provoca uma estratificação do meio granular, fazendo com que os grãos menores localizem-se na parte superior do filtro.

No caso da filtração descendente esta disposição dos grãos não é a mais adequada, por isto, em algumas ETAs são utilizados meios filtrantes de dupla camada (antracito e areia). O antracito é um carvão com menor densidade do que a areia e, deste modo, durante a lavagem, mesmo tendo tamanho maior do que os grãos da areia mantêm-se no topo do leito filtrante. Por esse motivo, ressalta-se que tal carvão é empregado apenas na filtração descendente (HELLER 2006).

Na filtração direta, as taxas de filtração usualmente variam entre 120 e 360$m^3m^{-2}d^{-1}$, sendo que as menores são adotadas nas unidades de filtração ascendente, enquanto que as mais elevadas são aplicadas na filtração descendente. Em vista disso, a penetração de impurezas na filtração direta não fica restrita apenas ao topo do meio filtrante, tal como ocorre na filtração lenta, atingindo profundidades maiores. Por isso, a filtração rápida exige pessoal mais bem qualificado para sua operação.

FLOTOFILTRAÇÃO

A flotação consiste na mistura da água floculada com água carregada com microbolhas, que são produzidas ao se aliviar subitamente a pressão de uma corrente de água tratada saturada com ar. Fenômenos naturais de aderência provocam a ligação destas microbolhas às partículas (flocos) da água a tratar, produzindo uma baixa densidade aparente que as faz ascenderem rapidamente à superfície.

Na superfície da câmara forma-se uma camada de lodo separado, que pode atingir vários centímetros e por se localizar, em boa parte, acima da superfície líquida, desidrata-se, concentrando os sólidos a um teor de 3 a 6% no mínimo. A água clarificada é retirada pelo fundo da câmara.

Na flotação a água a ser tratada recebe, inicialmente, coagulantes usuais e, posteriormente, passam por floculadores adequados para desestabilizar os colóides e produzir flocos favoráveis à flotação.

A flotação ocorre em uma unidade (câmara) independente ou nas unidades de filtração, configurando neste último caso, o que se denomina flotofiltração (HELLER, 2006). A parte inferior funciona como filtro e a superior como flotador proporcionando uma solução compacta.

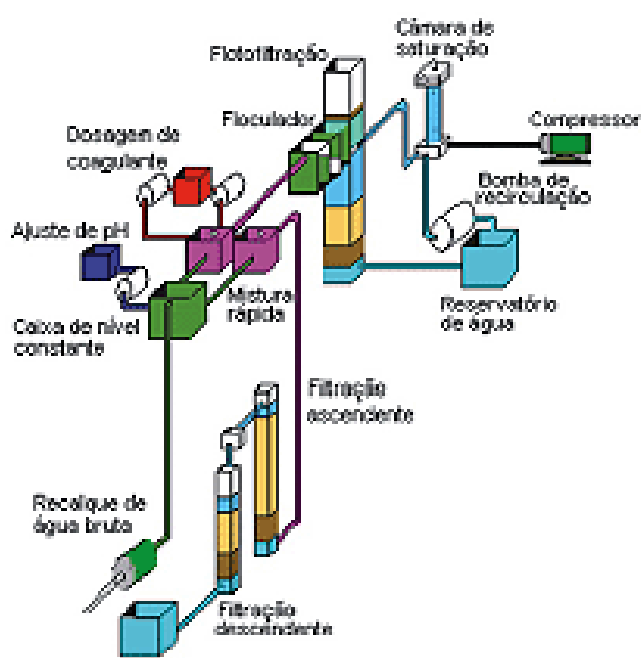
Quando a flotação e a filtração ocorrerem em câmaras separadas recomenda-se uma única câmara de flotação com 02 (duas) ou mais unidades de filtração. Isso possibilita a contra lavagem do sistema sem paralisação do mesmo. No caso de ambos os processos (flotação e filtração) ocorrerem em câmara única, a recomendação é para que se tenha no mínimo 03 (três) módulos de flotofiltração, pois quando umas das câmaras estiver em contra lavagem, não há necessidade de parar o sistema de tratamento.

Fonte: http://www.finep.gov.br/Prosab/4_agua_ufmg.htm

Figura 33. Filtro de flotofiltração..

Em geral, após um período de tempo previsto de 24 a 48 horas, em função da qualidade da água a ser filtrada, o leito de um filtro apresenta-se saturado de impurezas resultando em elevada perda de carga ou fuga de turbidez. O momento de contra lavagem é determinado de duas maneiras e esta deve ser executada quando o primeiro dos dois eventos ocorrer:

- **Por perda de carga**: o nível nas câmaras de filtração atinge o máximo pré-estabelecido, sinalizado por sensor indicador de nível para sistema automático e visor de nível tubular para sistema manual;

- **Por turbidez**: a análise de turbidez indica sua elevação a valor superior a 1 NTU.

Para a lavagem do leito filtrante, ocorre inicialmente um abaixamento de nível para economia de água, aproveitando o volume existente acima da calha coletora da água de lavagem. A seguir, as válvulas de entrada e saída de água para lavagem são abertas e a bomba de contra lavagem acionada. Uma vez terminada esta operação, o filtro retorna imediatamente a produção.

A operação de contra lavagem é feita através de bomba centrífuga ou à gravidade através do reservatório elevado ou pode ser também do tipo auto-lavável. Nessa fase, a água entra em sentido inverso ao da operação de filtração, possibilitando a expansão do leito filtrante, soltando as impurezas e carregando-as para fora do filtro. Quando o filtro é auto-lavável ele é constituído de câmaras independentes, cada uma das quais filtra normalmente e, durante o período de contra lavagem de uma delas, as demais absorvem a vazão total de alimentação.

Segundo Heller (2006), os flotadores são comumente projetados para operar com taxas na faixa de 120 a $300 m^3 m^{-2} d^{-1}$ ou até superiores, enquanto que nos decantadores convencionais as taxas de escoamento superficial em geral são menores que $50\ m^3 m^{-2} d^{-1}$. Além disto, a flotação pode possibilitar a redução do consumo de produtos químicos destinados à coagulação da água. Assim, deve-se avaliar se esta economia compensa o aumento do consumo de energia elétrica associado à flotação por ar dissolvido. Outro ponto que deve ser levado em consideração é a capacidade de operação do sistema por parte dos funcionários da ETA, uma vez que a flotação por ar dissolvido requer cuidados maiores do que o necessário para a operação de unidades de decantação.

CLARIFICAÇÃO POR CONTATO (FILTRO RUSSO)

Os filtros de corrente ascendentes, também conhecidos por filtros russos ou clarificadores de contato, ou ainda, filtros KO-1, têm sido usados para clarificação de água de pouca turbidez e de baixo conteúdo mineral. Quando a turbidez da água bruta é muito elevada, há a formação de uma quantidade muito grande de flocos, colmatando rapidamente o filtro russo. Em conseqüência, tem-se a produção de uma água de baixa qualidade, muitas vezes fora dos padrões de potabilidade. Dessa forma, tem-se adotado como Valores Máximos Admissíveis - VMA para tratamento de água por filtração ascendente, tipo filtro russo a turbidez de 200 NTU e cor aparente de até 1.000mg/L PtCo (TRATAMENTO, 2007).

Os filtros russos são semelhantes aos filtros rápidos, funcionando, porém, em sentido inverso e sendo lavados periodicamente de maneira usual, isto é com uma corrente de água, de baixo para cima, de velocidade adequada. São aplicados como unidades completas de clarificação, isto é, sem unidades anteriores ou posteriores de tratamento.

Nessas unidades a água bruta, depois de receber os coagulantes, é encaminhada para os filtros sem passar por floculadores ou decantadores. O efluente obtido é utilizado para o abastecimento após a desinfecção. A floculação e a coagulação da água são realizadas satisfatoriamente no próprio meio filtrante. À medida que a água coagulada atravessa este meio, as impurezas vão sendo retidas e em parte deslocadas sob forma de flocos, de uma subcamada para a seguinte, onde ocorre uma nova retenção e um novo deslocamento parcial. Dois processos ocorrem simultaneamente no meio filtrante (RICHER, e AZEVEDO NETO, 1991):

- A remoção de partículas da água e a sua aderência aos grãos de areia, sob a influência de forças moleculares de adesão;
- A remoção de partículas previamente presas (freqüentemente aderidas) e o seu deslocamento, provocado pelas forças hidrodinâmicas do escoamento pelo aumento de velocidade.

Verifica-se, portanto, que toda a camada filtrante trabalha no processo de clarificação e que a acumulação de impurezas não ocorre apenas na primeira face de contato (subcamada inferior).

A disposição do meio filtrante em relação ao sentido de escoamento da água faz com que a água mais impura encontre primeiramente o material mais grosseiro, da maior porosidade. À medida que a água se livra de impurezas, no seu movimento ascendente, vai encontrando meios cada vez mais finos e de menor porosidade.

Os filtros de fluxo ascendente têm, portanto, a grande vantagem de que a filtração se faz, efetivamente, dos grãos mais grossos para os mais finos, no sentido da diminuição da porosidade, com o emprego de um único material filtrante - a areia. Talvez o maior problema com os filtros ascendentes surge quando a perda de carga, em um nível qualquer do leito filtrante, supera o peso da camada submergida acima deste nível, fluidificando-o e permitindo que flocos anteriormente depositados passem para o efluente.

Nos filtros de fluxo ascendente, a deposição de flocos e a perda de carga são distribuídas uniformemente através do leito filtrante. À medida que prossegue a filtração, pode haver um momento em que ocorre a fluidificação do leito, como no processo normal de lavagem, aumentando a porosidade e permitindo ao material depositado ser arrastado pela água.

A perda de carga é o fator predominante na fluidificação do leito filtrante e a velocidade de filtração, nas taxas usualmente adotadas, tem pouca ou nenhuma influência. A fluidificação

ocorre no instante em que a perda de carga, numa secção qualquer, iguala o peso das partículas do leito filtrante acima desta seção. Assim, para garantir melhores resultados para os filtros de fluxo ascendente, deve-se evitar a fluidificação do meio filtrante.

Segundo Richer e Azevedo Neto (1991), vazões mais elevadas podem provocar a redução excessiva do tempo de funcionamento dos filtros russos, entre lavagens, e a deterioração do efluente, ("breakthrough" ou passagem de impurezas). Por isso, esses filtros são projetados para funcionar com taxas de filtração compreendidas entre 120 e 150m³/m²/dia. O tempo de lavagem varia de 6 a 8 minutos, com velocidades ascensionais da água de 0,70 a 0,90m/min (1.000 a 1.300m³/m²/dia). O consumo de água de lavagem em muitas instalações aproxima-se de 5%, podendo atingir 10% em alguns casos.

Taxas de aplicação utilizadas para se obter sucesso nesse tipo de tratamento, segundo TRATAMENTO (2007) são apresentadas no Quadro 11.

Quadro 11. Taxas de aplicação utilizadas em filtros de fluxo ascendente

Taxa de Filtração	De 200 a 250 m³/h/m²
Taxa de Lavagem	Entre 40 e 60 m³/h/m²
Duração da lavagem	Em torno de 10 minutos
Ciclo entre lavagens	Máximo de 24 horas
Lavagem intermediária	Entre duas a três lavagens / dia (mínimo de três minutos)

TRATAMENTO CONVENCIONAL

Estações de tratamento convencional são as que apresentam o ciclo completo, ou seja, todos os processos unitários de tratamento: coagulação, floculação, decantação, filtração rápida (taxa de filtração entre 120 e 360m³/m².d), desinfecção, correção pH, e fluoretação, conforme já mencionado anteriormente.

Fonte:http://www.pelotas.rs.gov.br/sanep/agua/tratamento.htm

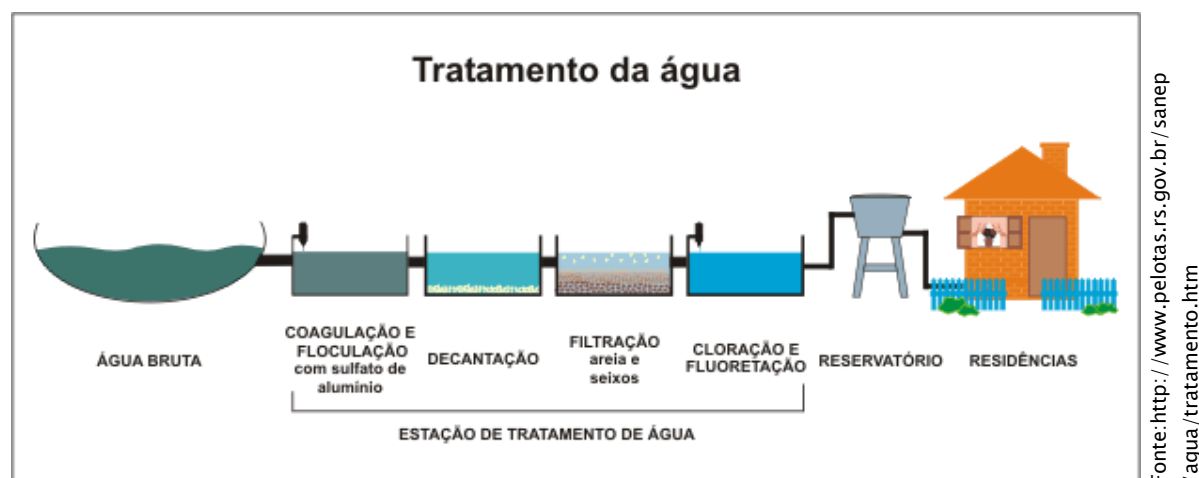



Figura 34. Sistema Convencional de Tratamento da Água.

As ETAs de ciclo completo, em geral, podem ser convertidas sem dificuldades para tratamento por filtração direta nos períodos em que a água bruta do manancial apresentar qualidade compatível com esta tecnologia, possibilitando com isso a redução do consumo de produtos químicos e menor geração de lodo (HELLER, 2006).

Entretanto, esse procedimento não é indicado para ETAs que possuam decantador de manto de lodo, pois se houver deterioração repentina na qualidade da água bruta, essas unidades de decantação, ao serem recolocadas em operação, levam um tempo relativamente longo para apresentar desempenho satisfatório, comprometendo, assim, a qualidade da água produzida na ETA durante esse intervalo de tempo (HELLER, 2006).

No processo de coagulação química, utilizando-se o sulfato de alumínio para águas naturais turvas, o resultado é satisfatório quando o pH está na faixa de 7,0 a 8,0. Porém, para águas que apresentam cor elevada, o pH ideal deve estar na faixa de 4,0 a 6,0. Pode-se afirmar que águas com turbidez coagulam em pH alcalino e águas com cor elevada coagulam em pH ácido (FUNASA, 2005).

A freqüência de limpeza das unidades filtrantes é função da concentração de sólidos da água bruta e da taxa de filtração empregada. Durante a operação de limpeza, o registro de água filtrada deve permanecer fechado (LIBÂNIO, 2005).

Manutenção Preventiva e Corretiva de Equipamentos

OBJETIVOS:

Demonstrar a importância da manutenção de equipamentos e instalações apresentado-se as operações básicas.

Não é possível generalizar a indicação dos equipamentos, peças e acessórios apropriados a diversos tipos de operação de ETA's (convencional, filtração lenta e filtração direta), pois, tais aplicações advêm das necessidades peculiares de cada sistema, que por sua vez, estão intimamente relacionadas à qualidade da água bruta. Além disso, depende de análises prévias em laboratório.

A simplicidade de operação de ETA, ao funcionar totalmente por gravidade, traz como conseqüência à própria simplicidade dos procedimentos de manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos que constituem a unidade. No entanto, a simplicidade operacional não deve ser um meio caminho para o descaso com o sistema de tratamento. Há uma série de procedimentos de operação e manutenção que devem ser executados dentro de uma determinada rotina, sem a qual ocorrerão problemas na unidade de tratamento, comprometendo sua eficiência.

Os procedimentos e rotinas de manutenção preventiva e corretiva para melhorar a eficiência dos serviços de abastecimento de água, somente terão sucesso, se durante a montagem elétrica e mecânica de cada equipamento, tenha sido observado o correto posicionamento de sua instalação, a exemplo da verticalidade, nivelamento, alinhamento, controle de planos, eliminação de empenamentos e tomadas precisas. Um posicionamento irregular terá como conseqüências o aparecimento de solicitações, movimentos e esforços prejudiciais à vida útil e ao funcionamento do equipamento e dificuldades de operação.

Normalmente, os equipamentos são acompanhados dos respectivos manuais contendo sua descrição e instruções para instalação, operação e manutenção. Esses manuais deverão ser, necessariamente, observados na execução da instalação e preservados para manutenção, devendo ser entregues à fiscalização por ocasião do recebimento do equipamento na obra, e dessa forma, fazer chegar à equipe de operação e manutenção.

Para realizar uma efetiva manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos é imprescindível proceder à implantação, utilização, manutenção e atualizações necessárias de todos os dados característicos dos equipamentos operacionais, tais como: bombas, motores, subestações e chaves de comando em todas as unidades de tratamento de água, assim como de válvulas,

comportas, adufas, tanques dosadores, monta cargas, reservatório hidropneumático, mesas de comando, aparelhos de medição e instrumentação.

CONJUNTO MOTO – BOMBA

Quando no procedimento de manutenção corretiva houver necessidade de transporte e levantamento do conjunto moto-bomba (Figura 35) deverão ser usados os olhais ou as orelhas de suspensão da carcaça da bomba, não sendo permitido que os cabos de sustentação sejam atrelados à base ou em volta dos pedestais dos mancais.

Fonte: CAEMA (2007)

Figura 35. Conjunto moto-bomba de eixo vertical da estação elevatória do Sistema Produtor do Itapecuru

Após manutenção ou troca (substituição) do conjunto moto-bomba e, ainda, estando posicionado, deve-se observar todas as peculariedades para o perfeito funcionamento; reacoplar o conjunto moto-bomba; soltar as porcas preme gaxeta da bomba; lubrificar as partes rolantes; girar os eixos manualmente; executar a conexão da bomba às tubulações de sucção e recalque sem que qualquer esforço seja transmitido à bomba. Efetuar as ligações da escorva ou selo hidráulico se o conjunto assim requerer.

Em caso de mancais lubrificados à água, deve-se posicionar a tubulação de drenagem na direção correta. Deve-se aferir os instrumentos, por exemplo, manômetros, vacuômetros, se forem o caso. Deve-se ligar a parte elétrica do acionamento, verificando o sentido de rotação do eixo através de um toque de partida. A verificação do sentido de giro deve ser feita ligando e desligando a bomba rapidamente, sem permitir que o conjunto atinja sua rotação máxima de trabalho. Se este procedimento não for seguido podem ocorrer danos à bomba. É necessário comparar o sentido do giro do rotor com a plaqueta indicativa (flecha vermelha) fixada à carcaça da bomba. Se estiver no sentido errado, deve-se inverter duas das fases diretamente no quadro de comando para corrigir o problema.

Ao iniciar o funcionamento do moto-bomba faz-se a medição de amperagem em cada fase. A diferença de amperagem não poderá ser superior a 10% da menor amperagem registrada em uma das fases. Se a diferença for maior, desliga-se imediatamente o conjunto moto-bomba.

Ao ligar o conjunto moto bomba monitora-se os indicadores elétricos, como: corrente de partida, tensão durante a rampa de partida, corrente de trabalho e tensão em regime. Deve-se observar que, se a tensão cair muito durante a partida ou permanecer abaixo da nominal durante a operação, isto se refletirá em um aumento da corrente de trabalho. Será necessário então, providenciar junto à concessionária de energia elétrica a correção da tensão.

Durante o período inicial de funcionamento, até que a tubulação de recalque esteja totalmente preenchida e a pressão de trabalho seja atingida, a condição de trabalho do conjunto moto-bomba será diferente daquela para a qual o conjunto foi dimensionado (pressão menor). Isso resulta no trabalho em ponto diferente da curva da bomba, usualmente com maior vazão e, conseqüentemente, maior consumo de potência. Para monitorar essa condição é importante a utilização de um manômetro instalado próximo à descarga da bomba. Por meio da leitura no manômetro é possível determinar se o sistema de bombeio está operando nas condições de pressão conforme projetado. Eventualmente, pode ocorrer diferença entre a pressão de projeto e a pressão de trabalho em função de estimativas feitas, principalmente, no cálculo da perda de carga. Tem grande importância na qualidade de montagem de um equipamento moto-bomba o aspecto do acoplamento. Portanto, além da correção nos sistemas de acoplamento, deve-se observar a concentricidade das partes, paralelismo das faces, espaçamento adequado e o seu alinhamento.

No Quadro 12 são apresentados os principais problemas de ordem técnica que poderão surgir no decorrer da operação dos conjuntos moto-bombas e suas prováveis causas, retratando as soluções que poderão ser aplicadas, caso a caso, nos problemas técnicos listados na coluna anterior.

Quadro 12. Principais problemas, possível causa e solução para ser aplicada.

Problema	Possível Causa	Solução
Desarme do relé térmico	Regulagem do relé abaixo da faixa especificada.	Regular dentro da faixa especificada.
	Corrente de trabalho acima da nominal por tensão da rede abaixo do especificado.	Solicitar à concessionária de energia elétrica o ajuste da tensão.
	Corrente de trabalho acima da nominal por condição de operação diferente daquela para a qual a bomba foi calibrada.	Trocar os rotores ou ajustar a condição de pressão do sistema.
	Sobrecarga no motor causada por defeitos nos mancais e/ou anéis de desgaste.	Enviar para manutenção em oficina autorizada.
Equipamento não liga (não acusa consumo de energia elétrica)	Energia elétrica não chega até o equipamento.	Verificar se há energia na rede, no quadro de comando e nos cabos até o equipamento.
	Motor está queimado.	Enviar para manutenção em oficina autorizada.
Equipamento não liga (corrente sobe, mas rotor não gira).	Rotor está travado por materiais estranhos.	Retirar o equipamento e efetuar uma limpeza no rotor.
	Defeito nos mancais.	Enviar para manutenção em oficina autorizada.
Vazão baixa	Desgaste do(s) rotor (es).	Trocar rotor (es).
	Pressão de trabalho diferente da solicitada à fábrica.	Trocar rotor (es) e verificar se a potência do motor atende à nova condição de trabalho.
Pressão baixa	A pressão de trabalho da bomba é determinada pelo sistema onde ela está instalada. Se a pressão não está sendo atingida, à instalação não está exigindo a pressão da bomba.	Verificar a pressão real do sistema para nova calibragem da bomba (troca do(s) rotor (es) por outro(s) de diâmetro diferente).
Aquecimento dos cabos.	Cabo de ligação até o quadro de comando de seção inadequada.	Dimensionar o cabo corretamente.
	Corrente de trabalho acima do normal.	Aplicar a solução acima.
Vibração e ruído da bomba	Desgaste do(s) rotor (es).	Trocar rotor (es).
	Desgaste dos mancais.	Enviar para manutenção em oficina autorizada.

Fonte: CESAN (1986)

A programação para procedimento de manutenção preventiva em um conjunto moto-bomba deve ser efetivada pelo menos a cada trinta dias. Nessa oportunidade, deve-se efetuar a lubrificação dos mancais, verificando os pontos de vedação hidráulica, funcionamento, regulagens manuais e automáticas. Se necessário, regular os transmissores e a pressão de ajuste da gaxeta e acertar os acoplamentos. O acoplamento entre os eixos do motor e da bomba é sempre feito por luvas elásticas, para impedir a ligação rígida entre os eixos (exceção das bombas monoblocos), cujas finalidades são: permitir a livre dilatação devido à desigualdade de temperaturas; diminuir os golpes de partida e parada do motor (NOGAMI, 1974).

Na oportunidade em que se faça necessário proteger as tubulações e equipamentos com pintura, as superfícies a serem pintadas deverão estar secas, limpas, retocadas e preparadas para o tipo de pintura que irão receber. Cada demão de tinta somente será aplicada quando a anterior estiver seca, devendo para isto observar um prazo de 24 horas entre as demãos. Parafusos, porcas e arruelas não deverão receber nenhuma demão de pintura, especialmente nas roscas. A extensão de rosca excedente, de qualquer parafuso, após o aperto final, não deverá ser maior que a espessura da porca adjacente. Especial atenção será dada às superfícies que não serão pintadas, tais como vidros, pisos e ferragens, evitando-se escorrimentos e salpicos que venham a manchar estas superfícies. Tal acontecendo, deverá ser feita a limpeza com removedor adequado, logo em seguida.

Monovia

No intervalo de cada três meses, por em prática a operação de retoques, preventivamente, tanto na pintura de proteção como no acabamento, lubrificando a talha e o carro, inspecionar se a monovia apresenta-se sem pontos deformados e se a aba de rolamento para a talha está lisa e perfeita para, em seguida, verificar o funcionamento do conjunto e fazer prova de carga. A Figura 36 ilustra uma monovia de percurso curvilíneo para a movimentação interna cilindros de cloro.

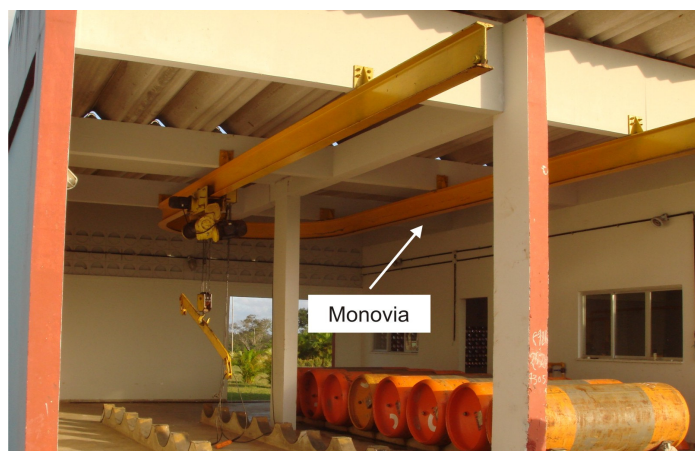



Figura 36. Monovia de percurso curvilíneo para a movimentação interna cilindros de cloro.

Ponte Rolante

A manutenção preventiva na ponte rolante (Figura 37) é semelhante a da monovia. Deve-se verificar a cada três meses a pintura e os retoques necessários, tanto de proteção como de acabamento. É importante lubrificar os pontos necessários (roda, talha, carro móvel), verificar o funcionamento e providenciar a prova de carga.

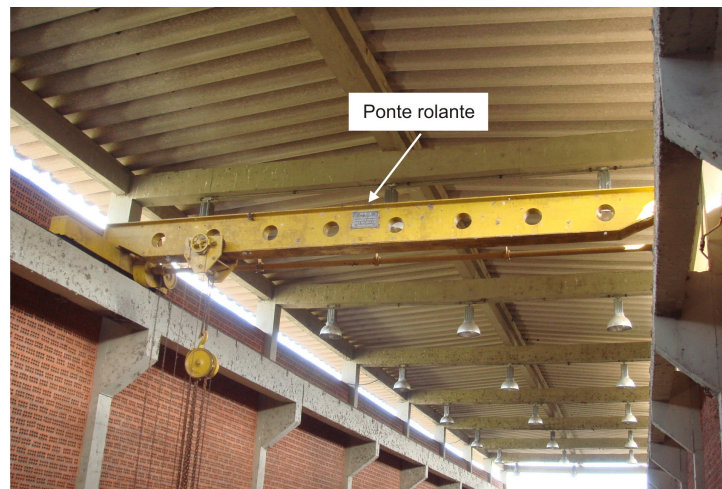



Figura 37. Ponte rolante apoiada sobre viga de uma estação elevatória de água bruta.

Talha

A talha, geralmente, é utilizada como acessório de monovias e pontes rolantes. Em casos específicos pode ser aplicada isoladamente. Normalmente, a talha deve ser fixada pelo gancho que a compõe em outro gancho ou olhal que esteja fixado solidamente à estrutura metálica, de concreto ou de madeira, capaz de suportar a talha com a respectiva carga. A Figura 38 apresenta uma talha elétrica de cabo de aço utilizada para suspensão de cilindros de cloros.

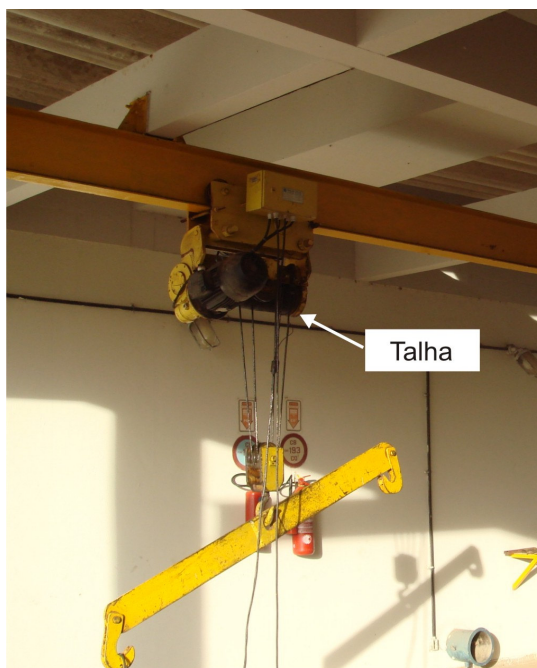



Figura 38. Talha elétrica de cabo de aço.

Monta Cargas

Manter fixado em local apropriado e bastante visível, placas de advertência quanto à capacidade do monta cargas. Na programação de inspeção preventiva, que deve ser feita a cada três meses, deve-se inspecionar as esquadrias de acesso ao poço procedendo aos retoques necessários. Na parte elétrica, é necessário inspecionar as botoeiras de comando, limitadores de curso, chave corta - corrente “stop” e molas amortecedoras, fazendo-se também o ajuste e lubrificação do equipamento instalado. Por fim, deve ser feito teste de funcionamento, verificação, teste de carga, retoques na pintura de proteção e acabamento e concluir fazendo a regulagem final.

Reservatório Hidropneumático

Fazer a pintura de proteção e acabamento a cada seis meses ou conforme orientação do fabricante, proceder a uma inspeção nos parafusos chumbadores do equipamento sobre a base e proteger quimicamente contra corrosão os parafusos chumbadores. A câmara hidropneumática deve estar colocada sobre base perfeitamente nivelada, ser ajustada e orientada segundo a vertical. Se os visores de nível apresentar dificuldade de observação, realizar a limpeza e/ou substituição dos visores conforme orientação do fabricante. Verificar os pontos de vedação hidráulica das tubulações que interligam o equipamento aos conjuntos moto-bomba que abastecem de água o circuito hidráulico da câmara e as tubulações do compressor e válvulas de segurança. Proceder à limpeza e aferição dos pressostatos, ou manômetros de contatos elétricos. No caso de manômetros de contatos elétricos, as ligações elétricas devem ser vistoriadas por mão-de-obra especializada.

Compressor de Ar ou Soprador

A manutenção preventiva do soprador ou compressor de ar (Figura 39) deve atentar para verificar a estabilidade da fixação da base, devendo estar isolada do restante da construção ou estrutura, através de placas isolantes, lençóis de borracha ou outros materiais. Inspecionar, preventivamente, a tubulação de ar do compressor até o reservatório de ar (no caso de grandes compressores) e deste à rede distribuidora, e também a todos os demais acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, tais como filtros de ar, silenciador, registros de admissão e descarga, válvula de segurança, mangote de expansão e o pressostato, devendo satisfazer os requisitos de vedação, procedendo-se a lubrificação, a regulagem da válvula de segurança, a regulagem do pressostato, vedações, limpeza do filtro de ar, retoque na pintura de proteção e de acabamento e funcionamento.

Figura 39. Soprador utilizado na ETA-Gramame.

Aparelho de Medição e Instrumentação

Neste item, estão agrupados os diversos os aparelhos de medição de vazão (mais conhecidos como macro medidores), os medidores de nível e os medidores de pressão, como também, os indicadores e conversores de sinais dessas medições. Alguns desses equipamentos já foram citados no Medição de vazão e dosagem de produtos químicos. Abre-se espaço, também, para os conversores de sinais, digitais e analógicos, e os sinalizadores, tipo ligado-desligado e aberto-fechado.

Medidor de Vazão

É o equipamento que mede o volume de água aduzido em uma determinada tubulação. Os macros medidores devem estar instalados antes de válvula de retenção do sistema, que o protegerá de aumento de pressão da adutora e refluxo de fluido, observação válida para todos os tipos de medidores, ou seja, eletromagnéticos, ultra-sônicos, venturis, diferenciais e velocimétricos.

Fonte:http://www.nei.com.br/images/lg/221764.jpg.

Figura 40. Medidor de vazões.

Calha Parshall

É o medidor de vazão de líquidos fluindo por gravidade, em canais abertos e sujeitos somente a pressão atmosférica. A Calha Parshall também é o dispositivo mais utilizado como misturador rápido. A Calha Parshall normalmente utilizada é aquela fabricada em fibra de vidro, muito mais precisa do que aquelas construídas no local.

Fonte: http://www.enasaeng.com.br/imagens/medidor-de-vazao/5.jpg.

Figura 41. Calha Parshall.

Vertedouros

Caso exista um vertedouro para medir a vazão afluente será possível aproveitar a queda d'água resultante para efetuar a mistura rápida. Assim, como na Calha Parshall, é necessário estar atento para manter as condições normais de leitura nos indicadores de medição desses dispositivos.

Medidores de Pressão

Os aparelhos medidores de pressão dividem-se em dois grandes grupos. No primeiro tem-se aqueles que medem pressões negativas: são os vacuômetros e monovacuômetros, agindo somente como indicadores. No segundo grupo, os que medem pressões positivas: os manômetros, os pressostatos e os manômetros de contatos elétricos; o primeiro é indicador, o segundo é um sensor e o terceiro é um indicador/sensor.

Por serem aparelhos sujeitos à calibragem local (deve ser feita antes da entrada em operação, por ocasião de manutenção corretiva) ou regulagem externa (por ocasião de manutenção preventiva), na sua colocação, deve-se usar somente fita ou pasta de teflon. No caso de manômetros de contatos elétricos, as ligações elétricas devem ser feitas por mão-de-obra especializada.

Figura 42. Vacuômetros.

Fonte: http://www.metroquality.com.br/imagens/pressao.jpg

Figura 43. Manômetros.

Fonte: http://www.schuermann.com.br/hp/arquivos/produtos/grdMan%C3%B4metros%20Term%C3%B4metros.jpg

Indicador e Conversor de Sinais

Os indicadores recebem o sinal, mecânica ou eletricamente, dos diversos tipos de medidores e o transformam em valor numérico, e, eventualmente, o indicador pode acionar um sistema liga-desliga emergencial. Alguns aparelhos como manômetros, por exemplo, podem acoplar o indicador. Outros, como uma Calha Parshall, podem exigir que o indicador seja separado do medidor. À medida que a distância medição-indicação aumenta, a confiabilidade no sinal diminui. Para evitar esse problema, coloca-se um ou mais conversores de sinais. Essa atitude, além de aumentar a confiabilidade, permite a instrumentalização dos equipamentos, as medições em tempo real e o efetivo controle operacional. Por serem instrumentos de precisão, só podem ser manuseados e instalados por pessoal especializado.

Clorador

O clorador poderá ser de gabinete ou de parede. Sempre que for feita a troca ou substituição do cilindro de cloro devem ser feitos testes de funcionamento e estanqueidade da tubulação, para verificar possíveis vazamentos, aplicando-se jatos "spray" de amônia sobre os pontos de junção. Se houver vazamento de cloro, o mesmo reagirá com a amônia, o que será evidenciado pela formação de gás com aspecto de fumaça.

O cloro, quando manejado sem cuidados, é perigoso para as pessoas e é capaz de destruir materiais. Objetivando uma manutenção eficiente do equipamento de cloração, são necessários cuidados constantes por parte dos operadores de ETA, a saber: somente pessoas treinadas e de confiança devem manusear o cloro; evitar queda e pancadas nos recipientes que poderão trincar o tubo e danificar as válvulas; armazenar os recipientes à temperatura média, longe dos locais que irradiam calor; nunca fazer conexão de um recipiente cheio, ao tubo de ligação com outros recipientes, enquanto as temperaturas e pressões não sejam aproximadamente as mesmas; conservar as coberturas sobre as válvulas dos recipientes, quando estes não estiverem

em uso. Recolocá-los quando vazias; fechar a válvula do recipiente logo que este fique vazio; não aplicar chama ou maçarico para aquecer o recipiente; os cilindros de cloro, antes de serem conectados ao aparelho, devem ter suas válvulas provadas ao ar livre. O cilindro defeituoso deve ser rejeitado e marcado.

A quantidade de cloro que pode ser retirado dos cilindros na temperatura de 25ºC, sem haver congelamento é:

- kg/dia por cilindro de 40 kg.
- 16 kg/dia por cilindro de 68 kg.
- 180 kg/dia por cilindro de 900 kg.

Quando forem necessárias quantidades maiores, usam-se baterias de cilindros, mas cada cilindro deve fornecer somente a quantidade acima prescrita.

Exaustor ou Ventilador

São equipamentos destinados a ventilar depósitos de cilindros de cloro, sala de cloradores, fluoretadores e salas de bombas. Na sala de cloro devem estar instalados ao nível do piso. Em salas de flúor devem estar instalados a meia altura ou próximo ao teto. Nas salas de bombas, preferencialmente no teto.

Comporta

Existem dois tipos de comporta: aquelas que não possuem mecanismo de manobra e que são mais conhecidas como "stop-log", e outras acionadas com pedestais de suspensão. As comportas devem estar instaladas observando-se o sentido de fluxo, visto que mesmo nas comportas de sentido duplo, existe um sentido preferencial. Nas comportas sempre que possível, preferencialmente a cada seis meses, deve-se lubrificar as guias e hastes de comando e ajustar o grau de movimento da comporta, além de testar o funcionamento quanto ao movimento e estanqueidade, sem e com carga hidráulica, para evitar perdas do líquido retido.

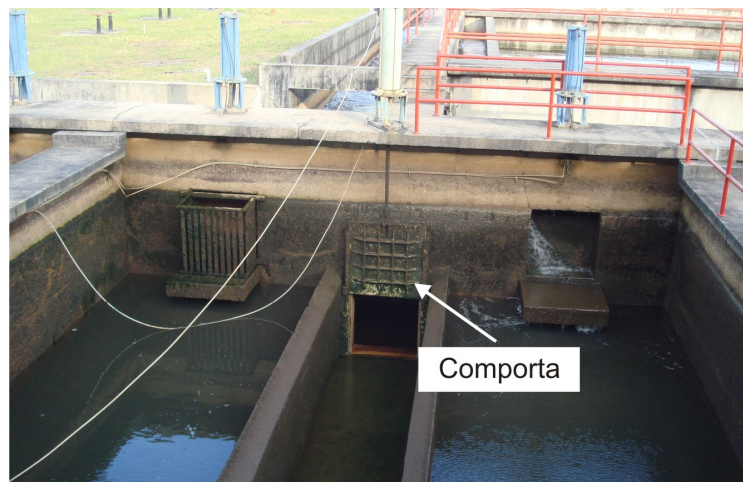



Figura 44. Comporta da água de lavagem de filtro.

Adufas

Existem dois tipos de adufas: as de parede e as de fundo. As adufas são colocadas, normalmente, na parte mais profunda da ETA, por isso são sempre acionadas por mecanismos que podem ser: chave “T” ou volante. A profundidade é alcançada com auxílio de haste de prolongamento ou pedestal de manobra. Na maioria das instalações, as adufas são previstas para trabalhar com a pressão hidráulica forçando a tampa contra o corpo. São utilizadas para descarga horizontal em decantadores, câmaras de mistura, pequenas barragens, etc. Para assegurar perfeitas condições de utilização, deve-se evitar esforços exagerados no fechamento, que ocorrem se houver corpos estranhos depositados na sede. A cada seis meses, coincidentemente com a operação de limpeza e descarga do decantador, deve-se ajustar o grau de movimento da adufa, além de testar o funcionamento quanto ao movimento e estanqueidade, sem e com carga hidráulica, para evitar perdas do líquido retido.

Válvula ou Registro

Válvulas são equipamentos que visam proteção e regulagem dos sistemas de produção e distribuição de água. Os diferentes tipos de válvulas ou registros usados no saneamento são: gaveta, borboleta, globo, macho, com acionamento direto com chave “T” ou com volante. Nas estruturas das ETA também encontra-se válvulas com atuadores elétricos ou pneumáticos.

Os registros, desde que não sejam posicionados na atuação de regulagem, isto é, apenas na posição aberto-fechado, são equipamentos de vida longa, podendo ser feita inspeção preventiva a cada ano. O registro se destina ao bloqueio, não sendo recomendado para regulagem ou estrangulamento. Quando utilizado desta forma, apresenta excessiva vibração e desgaste prematuro dos componentes. Já as válvulas borboletas podem ser usadas na função de regulagem e bloqueio do fluxo. Na oportunidade de uma manutenção preventiva, limpar a peça, lubrificar, acionar o sistema de abertura e fechamento, verificar as condições das sedes de vedações e as próprias vedações. Esses serviços devem ser feitos por pessoal especializado.

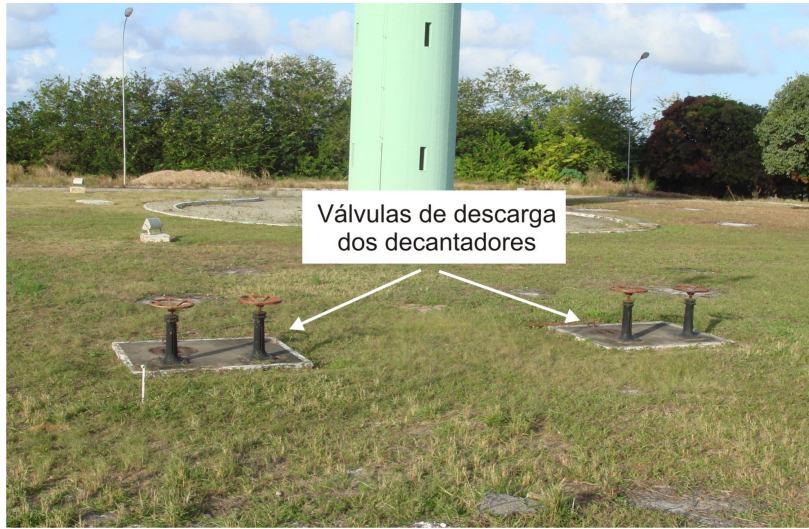



Figura 45. Válvula de descarga dos decantadores.

Válvula de Alívio

Proceder a cada seis meses a regulagem da mesma. Observar que na eventualidade de entrar em operação, a válvula descarrega uma vazão significativa. Portanto, deve-se inspecionar a caixa em que a mesma encontra-se abrigada e verificar se a tubulação efluente encontra-se com sua secção livre sem impedimentos para permitir fluir a vazão descarregada.

Fonte: http://www.cvvapor.com.br/?controle=produtos&idCategoria=2&idSubCategoria=47

Figura 46. Válvula de Alívio

Válvula de Retenção

A válvula de retenção é instalada na tubulação de recalque de um conjunto moto-bomba, para impedir o retorno da água contida no tubo, para o rotor da bomba. De certo modo a válvula de retenção evita o funcionamento da bomba como turbina e o golpe de aríete sobre o corpo da bomba.

Fonte: http://www.nei.com.br/lancamentos/verLancamento.aspx?id=1938#

Figura 47. Válvula de Retenção.

O operador que atua na supervisão dos equipamentos moto-bomba é a pessoa que pode recomendar com maior precisão a ocasião de intervenção na unidade, ao observar ruído diferenciado em algum equipamento, assim como o técnico que controla os dados da macro medição, pois é possível tirar conclusões a partir desta informações. Por exemplo, é o caso de retorno da água fazendo o conjunto girante rodar ao contrário, significa que a válvula de retenção está desgastada, não realiza a retenção do fluido. Logo após a válvula de retenção, temos instalado um registro de gaveta ou válvula borboleta para permitir a manutenção ou operação do sistema (PAULO NETO, 2002).

Floculador/Agitador

Os agitadores mais utilizados são os de eixo vertical, de palhetas ou turbina. Preventivamente, a cada quinze dias, deve-se lubrificar o equipamento e proceder à verificação funcional, testando o funcionamento quanto aos movimentos, esforços e grau de liberdade. Para os eixos ou partes de eixos componentes do eixo principal, montados por meio de acoplamento mecânico, é importante ajustar os mancais e a bucha de vedação, fixando-os com o objetivo de manter o posicionamento. É necessário observar o nivelamento e a verticalidade das palhetas. Cuidar para que o equipamento de tração do eixo, que consiste num conjunto moto redutor montado sobre base, transmitindo torque e velocidade através de correias e polias ou correntes e rodas dentadas, esteja perfeitamente alinhados e nivelados. Determinadas ETA são dotadas de floculador/agitador do tipo hidráulico.

Fonte: http://www.eesc.usp.br/sea/sea2004/arquivos/Anais_-_SEA-2004.pdf#page=14

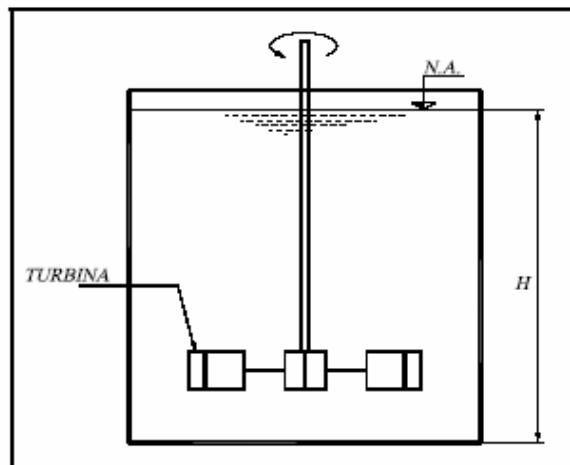



Figura 48. Floculador de turbina.

Os floculadores, apesar de hidráulicos, permitem ajustes nos valores dos gradientes de velocidade, para tanto, basta que se observem os valores registrados durante a operação, e a partir daí, estuda-se os gradientes de velocidade mais adequados em cada uma das câmaras dos floculadores.

Tanques/Tinas

Principalmente nas unidades de tratamento de água tipo convencional, os coagulantes são preparados em tanques (tinas) com capacidade suficiente para um período de quatro horas, respectivamente, ou seja, o operador deve preparar as dosagens de sulfato e cal apenas quatro vezes ao dia.

Os tanques dosadores em ETA de médio e pequeno porte são fabricados em fibra de vidro capaz de proporcionar durabilidade, resistência e aplicação condizente com o fim a que se destinam. Os tanques construídos em concreto ou alvenaria, em alguns casos têm a caixa de dosagem de aço inoxidável, ou outro material plástico ácido-resistente, os quais devem ser mantidos sem trincas, fissuras ou defeitos, devendo sua instalação permitir fácil limpeza e desobstrução das canalizações afluente e efluente. A dosagem dos produtos químicos será feita através de bomba dosadora, dotada de rotor e carcaça adequada para manter contato com a solução de sulfato de alumínio e/ou suspensão de cal sem problemas de corrosão ou qualquer outro tipo de reação, que possa comprometer o funcionamento da estação. A medição do volume aplicado é feita ajustando-se a vazão da bomba em função do volume da tina e do tempo necessário para esvaziá-la totalmente. Conhecida a vazão e a concentração da solução e/ou suspensão se obtém a dose empregada.

Dosador

Normalmente, são instalados dois aparelhos em paralelo (um de reserva), para evitar-se a paralisação da dosagem em casos de imprevistos ou manutenção. Qualquer aparelho dosador tipo orifício com nível constante e/ou dosador de nível constante com recirculação tipo extravasor, cada um deles normalmente é empregado em sistemas de tratamento de água para a dosagem de sulfato de alumínio por gravidade.

Os dosadores de leite de cal, tipo canecas, são empregados para procederem, simultaneamente, à mistura e à dosagem de suspensão de cal em sistemas de neutralização ou ajuste de pH da água também por gravidade.

Para aplicação de dosagem de soluções químicas, em geral, existe a bomba dosadora tipo diafragma. A solução química previamente preparada em recipiente adequado é succionada pela bomba e recalcada ao ponto de aplicação. A sucção se faz por força de um diafragma de deslocamento alternado, montado dentro de câmara de acrílico transparente de alta resistência. O movimento do diafragma é conseguido através de um mecanismo composto de motor elétrico, redutor de velocidades do tipo coroa e rosca sem fim, excêntrico com rolamentos de esferas, eixo de deslocamento horizontal e mola de retorno.

Mesas de Comando

Destinadas ao comando e controle de sistemas de operação hidráulica, pneumática ou elétrica. Normalmente, as mesas de comando (Figura 49) são instaladas para permitir atuar à distância na operação manual de válvulas ou comportas de comando hidráulico ou pneumático, cada mesa, provida de alavancas para comando manual, lâmpada piloto (funcionamento do compressor), indicadores do grau de abertura das válvulas ou comportas, botão de comando para a partida do compressor de ar e indicador de vazão. As canalizações de ar entre as mesas e os cilindros dos atuadores do comando das válvulas e das comportas devem ser de material de alta resistência (tipo cobre). As mesas de comando devem ser fornecidas completas com todos os elementos de operação e sinalização de controle, bem como canalizações e fiação interna.

Figura 49. Mesa de comando e controle de sistemas de operação hidráulica, pneumática ou elétrica.

Módulos para Decantação Acelerada

O controle de operação do decantador com módulos para decantação acelerada consiste em manter o nível do lodo acumulado sob os módulos, no limite máximo indicado no projeto, isto é, não excedente da pirâmide invertida que forma o fundo do decantador. Para isso serão dadas descargas periódicas através das canalizações projetadas para esse fim, observando-se visualmente, a concentração de lodo na água descarregada para determinação da duração necessária a essa operação. A periodicidade dessas descargas varia com a cor e a turbidez da água bruta e com a dose de coagulante, sendo determinada, empiricamente, após algum tempo de funcionamento da ETA. Os módulos tubulares deverão ser lavados com jatos d'água sempre que for observada acumulação exagerada de flocos em sua superfície e no interior dos tubos que os compõem.

Equipamento de Proteção Individual e Coletiva, Manuseio e Armazenamento de Produtos Químicos

OBJETIVOS:

Despertar a importância das condições de segurança do trabalho em uma Estação de Tratamento de Água.

Os instrumentos de proteção têm suas origens a partir da necessidade do homem de se proteger, isto é, garantir sua integridade física. Com a evolução da civilização, surgiu por força das circunstâncias, as diversas formas de garantir a saúde e a proteção do trabalhador, dentre as quais se destacam a jurídica, que, com os diversos instrumentos legais, disciplina a segurança no ambiente de trabalho, através da Constituição Federal, bem como da CLT – Consolidação das Leis do Trabalho e das Normas Regulamentadoras – NR's, esta última fundamentada na Portaria Ministerial Nº 3214/78, onde é possível encontrar a NR-06, que trata especificamente da Proteção Individual e Coletiva do trabalhador, enfatizada aqui apenas com relação às ETA's – Estações de Tratamento de Água.

Objetivo e Campo de Aplicação

Estabelecer as condições mínimas de procedimento e uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e Coletivo (EPCs), bem como da prevenção de incêndio e de primeiros socorros nos processos de operação dos Sistemas de Tratamento de Água.

Produtos Utilizados

Cloro Gasoso

Acondicionados em cilindro de aço de capacidades entre 58 a 68Kg e 900Kg. Existe na forma de dois isótopos de ocorrência natural, com números de massa 35 e 37. Consiste de uma mistura desses isótopos da ordem de 76% de cloro 35 e de 24% de cloro 37. Existem ainda quatro isótopos obtidos artificialmente.

Quadro 13. Propriedades Físicas do Cloro Gasoso

Número atômico	17
Peso atônico proporcional	35,453
Peso molecular	70,906
Isótopos estáveis	35(75,53%)
Isótopos estáveis	37(24,47%)

Ponto de fusão	100,98°C
Ponto de ebulição	34,05°C
Pressão crítica	78,63Kg/cm²
Densidade do gás	3,213Kg/cm³
Densidade em relação ao ar	2,48

Hipoclorito de Cálcio em Pó

São disponibilizados em bombonas ou tambores de 15 e 40Kg de plástico ou de polietileno.

Quadro 14. Propriedades Físicas do Hipoclorito de Cálcio em Pó

Concentração de cloro de no mínimo	65%
Teor máximo de insolúveis em água	5%

Hipoclorito de Cálcio em Pastilhas

São acondicionados em bombonas ou tambores de 15 e 40Kg de plástico ou polietileno.

Quadro 15. Propriedades Físicas do Hipoclorito de Cálcio em Pastilhas.

Concentração de cloro Ativo	65%
Teor máximo de insolúveis em água	5%
Diâmetro	68mm
Altura	25mm
Peso Médio	170 Gr.

Sulfato de Alumínio Anidro

Acondicionados em sacos de 50Kg.O, cuja fórmula química é $Al_2(SO_4)_3$.

Quadro 16. Propriedades Físicas do Sulfato de Alumínio Anidro.

Peso molecular aproximado	342
Composição percentual partes de alumínio	15,0
Partes de oxigênio	56
Partes de enxofre	28

EPI'S e EPC'S em Sistemas de Tratamento de Água de Grande Porte (Cilindro de 900Kg)

EPI's utilizados em Sistemas de Grande Porte

- Luvas de raspa de couro, onde se faz necessário o manuseio em equipamentos e materiais com superfícies ásperas, tais como os volantes dos registros (Figura 50). Confeccionada em raspa, reforço interno em raspa na palma, tira de reforço externo em raspa entre o polegar e o indicador.

Figura 50. Luva de raspas de couro.

- Luvas em PVC. Esse tipo de equipamento é utilizado principalmente quando da troca dos cilindros de cloro. Confeccionada em PVC, com ou sem forro interno, de tecido de algodão, com palma áspera ou corrugada, cano com 30cm, como mostra a Figura 50.

Figura 51. Luva de PVC.

- Respirador semi-facial utilizado para se manusear sulfato e cal (Figura 51). Purificador de ar tipo peça semi-facial em silicone ou borracha, com abas internas antiderrapante. O respirador possui duas aberturas laterais, nas quais se encaixam internamente, um suporte em material plástico rígido no qual são conectadas (frontal) válvulas de inalação, dotadas de encaixe rosca ao sistema de traquéia, acompanhado de filtro químico para pó e névoas.

Fonte: www.ciadoepi.com.br

Figura 52. Respirador semi-facial.

- Máscara facial completa a ser utilizada quando da substituição dos cilindros de cloro ou em caso de vazamento (Figura 52). Respirador purificador de ar de segurança, tipo peça facial inteira, confeccionado em silicone ou em neoprene, visor em material plástico rígido (policarbonato) transparente, fixo a um aro de metal ou de material plástico (abs) preto ou cromado, através de dois parafusos localizados nas laterais do aro. A parte frontal inferior do corpo da peça possui uma abertura para a fixação de um dispositivo dotado de um suporte com uma válvula de exalação e uma válvula de inalação, filtro rosqueado e uma mascarilha interna. A peça possui um tirante de cabeça, com cinco pontos de apoio, uma tira (cordão) de nuca para descanso, presa através de dois pontos nas fivelas das bordas inferiores da peça, acompanhada de filtro mecânico (b2 p2) para vapores orgânicos e gases ácidos.

Figura 53. Máscara facial completa.

Sabendo mais....

- B2 – Máscaras autônomas (circuito aberto ou fechado).
- Os filtros mecânicos são classificados em P1, P2 e P3.

Ensaio de penetração NBR 1369		
Tipo / Classe do filtro	**Ensaio com NaCI (%) 95 L/min**	**Ensaio com Óleo de parafina (%) 95 L/min**
P1	20%	Não utilizado
P2	6%	2%
P3	3%	1%

Fonte: www.alltecbrasil.com.br/

- Capacete de segurança tipo aba frontal (Figura 53), confeccionado em polietileno de alta densidade, com oito ou seis pontos de encaixe, suspensão em polietileno de baixa densidade, coroa fixa, carneira com tira absorvente de suor de espuma, revestida com camada de náilon, com regulagem de nuca e regulagem centralizadora de coroa nas laterais.

Figura 54. Capacete de segurança de aba frontal.

- Botas de couro de segurança de uso profissional, confeccionada em vaqueta curtida ao cromo hidrofugada, na cor preta, forração isotérmica e solado de borracha em látex natural (Figura 54).

Figura 55. Bota de couro.

- Bota de borracha (PVC) de segurança, impermeável, confeccionada em PVC injetado, forrada em nylon texturizado, tipo meio cano ou alto, cano e solado preto (Figura 54).

Figura 56. Botas de borracha PVC.

- Protetor auditivo circum-auricular, constituído por dois abafadores em forma de concha, montados simetricamente nas extremidades de uma haste, com suporte ajustável em forma de arco (Figura 56), com Nível de Redução de Ruídos (NRR) mínimo de 19dB(A).

Fonte: www.protevan.com.br

Figura 57. Protetor auditivo circum-auricular.

Equipamentos de Proteção Coletiva - EPC´s necessários em um Sistema de grande porte

Para esse sistema os EPC´s necessários, onde são utilizados cilindros de cloro de 900Kg, são:

- Kit – B, que é utilizado em caso de vazamento de cloro.

Caixa em aço contendo:

Copo grande de vedação para válvula	01
Junta afuselada de neoprene para o copo grande	01
Anel de neoprene para o copo da válvula	02
Copo pequeno de vedação para bujão fusível, com grampo	01
Junta afuselada de neoprene para o copo pequeno	01
Anel de neoprene para copo do bujão fusível	02
Barra ajustável	01
Pino de trava para o bujão fusível	01
Porca do pino de trava do bujão	01
Remendo para corpo do cilindro	01
Parafuso borboleta	01
Corrente para remendo	01
Junta de neoprene para vedação do remendo	01
Chave pé-de-corvo; chave de operação da válvula	01
Chave combinada 1 1/8" x 1 ½"	01
Chave soquete para o bujão (32 mm)	01
Cabo de força	01
Juntas cegas de chumbo	04
Juntas vazadas de chumbo	04
Chave para válvula de alívio 1 ¼" x 3/8" x ½"	01
Pinos cônicos	04
Martelo tipo bola	01
Arco de Serra	01
Espátula	01
Recipiente com amônia	01

- Conjunto respirador autônomo, que é um sistema independente de fornecimento de ar comprimido. É composto de cilindro de aço ou fibra, com capacidade de ar respirável (cilindro 6 litros 300bar) entre 30 a 40mim, máscara facial completa, suporte para as costas e mangueira de conexão.
- Conjunto de oxigênio, utilizado como nebulizador em caso de intoxicação com cloro. É composto por cilindro de aço com capacidade de 1 (um) litro de oxigênio, mais mangueira e máscara para inalação.
- Bóia Salva Vidas, utilizada em casos de afogamento, em formato circular, com cordas nas bordas.

Sistema de Tratamento de Médio ou Pequeno Porte (Cilindros de 50 e 60Kg)

EPI's utilizados em Sistema de Tratamento de Médio ou Pequeno Porte

- Luvas de raspa de couro, utilizadas em locais onde se faz necessário o manuseio em equipamentos e materiais com superfícies ásperas, tais como os volantes dos registros. É confeccionada em raspa de couro, com reforço interno em raspa na palma, tira de reforço externo em raspa, entre o polegar e o indicador.

- Luvas em PVC utilizadas principalmente quando por ocasião da troca dos cilindros de cloro. É confeccionada em PVC, com ou sem forro interno, tecido de algodão, com palma áspera ou corrugada, cano de 30cm.

- Respirador semi-facial utilizado ao se manusear sulfato e cal. Respirador purificador de ar, tipo peça semi-facial em silicone ou borracha, com abas internas antiderrapante. Possui duas aberturas laterais, nas quais se encaixam internamente um suporte, em material plástico e rígido, que é conectado (frontal) a válvulas de inalação, dotadas de encaixe rosca, com sistema de traquéia, acompanhado de filtro químico para pó e névoas.

- Óculos de Segurança (Figura 57), constituídos de armação e visor em uma única peça de policarbonato incolor, hastes confeccionadas do mesmo material da armação, tipo espátula, com 06 (seis) fendas para ventilação e fixas à armação através de pinos plásticos, ampla visão.

Figura 58. Óculos de segurança.

- Máscara facial completa, utilizada quando da substituição dos cilindros de cloro ou em caso de vazamento desse produto. Purificador de ar de segurança, tipo peça facial inteira, confeccionado em silicone ou em neoprene, visor em material plástico rígido (policarbonato) transparente, fixo a um aro de metal ou de material plástico (abs) preto ou cromado, através de dois parafusos localizados nas laterais do aro. A parte frontal inferior do corpo da peça possui uma abertura para a fixação de um dispositivo dotado de um suporte com uma válvula de exalação, uma válvula de inalação, filtro rosqueado e uma máscara interna. A peça possui um tirante de cabeça com cinco pontos de apoio, uma tira (cordão) de nuca para descanso, presa através de dois pontos nas fivelas das bordas inferiores da peça, acompanhada de filtro mecânico (B2 P2) para vapores orgânicos e gases ácidos.

- Capacete de segurança, tipo aba frontal, confeccionado em polietileno de alta densidade, com oito ou seis pontos de encaixe, suspensão em polietileno de baixa densidade, coroa fixa, carneira com tira absorvente de suor de espuma revestida com camada de nylon, com regulagem de nuca e regulagem centralizadora de coroa nas laterais.

- Botas de couro de segurança de uso profissional, confeccionada em vaqueta curtida ao cromo hidrofugada, na cor preta, forração isotérmica e solado de borracha em látex natural.

- Bota de borracha (PVC) de segurança impermeável, confeccionada em PVC injetado, forrada em nylon texturizado, tipo meio cano ou alto, cano e solado preto.

EPC´s necessários em um sistema de médio e pequeno porte

- Kit – A, utilizado em caso de vazamento de cloro de cilindros de 50 a 68Kg.

Caixa em aço contendo

Copo de vedação	01
Junta afuselada do copo de vedação	01
Anel de neoprene para o copo de vedação	02
Abraçadeira regulável	01
Cone de sustentação (torre)	01
Corrente para remendo	01
Juntas de neoprene para o remendo	02
Grampo de vedação para o fusível da válvula	01
Chave de boca 1 ¼" (32mm)	01
Chave de operação da válvula	01
Pinos cônicos	03
Martelo tipo bola	01
Arco de Serra	01
Espátula	01
Juntas cegas de chumbo	04
Recipiente com amônia	01
Dispositivo para remendo	01

Sistema e Tratamento através de Hipoclorito ou Cloropastilha

EPI's utilizados neste tipo de sistema

- Luvas de Raspa de Couro, em locais onde se faz necessário o manuseio em equipamentos e materiais com superfícies ásperas, tais como os volantes dos registros. É confeccionada em raspa, reforço interno em raspa na palma, tira de reforço externo em raspa entre o polegar e o indicador.

- Luvas (Nitrílica)/PVC, utilizadas principalmente quando há o manuseio de produto a base de cloro granulada. É confeccionada em borracha nitrílica, com palma antiderrapante e revestimento interno.

- Respirador semi-facial, utilizado ao se manusear sulfato e cal. É um purificador de ar, tipo peça semi-facial em silicone ou borracha, com abas internas antiderrapante, possuindo duas aberturas laterais, nas quais se encaixam internamente um suporte em material plástico rígido, no qual são conectadas (frontal) válvulas de inalação, dotadas de encaixe rosca ao sistema da traquéia, acompanhado de filtro químico para poeiras e névoas.

- Óculos de segurança, constituídos de armação e visor em uma única peça de policarbonato incolor, hastes confeccionadas do mesmo material da armação, tipo espátula, com 06 (seis) fendas para ventilação e fixas à armação através de pinos plásticos, ampla visão.

- Respirador semi-facial contra gases ácidos, purificador de ar, tipo peça semi-facial em silicone ou borracha, com abas internas antiderrapantes. Possui duas aberturas laterais, nas quais se encaixa internamente um suporte em material plástico rígido, onde são conectadas (frontal) as válvulas de inalação, dotadas de encaixe rosca, ao sistema de traquéia.

- Botas de couro de segurança de uso profissional, confeccionada em vaqueta curtida ao cromo hidrofugada, na cor preta, forração isotérmica e solado de borracha em látex natural.

- Bota de borracha de segurança impermeável, confeccionada em PVC injetado, forrada em nylon texturizado, tipo meio cano preto e solado também preto.

Manuseio e Estocagem de Cilindro de Cloro

Todo pessoal que trabalha em áreas de manuseio ou estocagem de cloro, deve portar para pronta utilização em caso de necessidade, máscara de fuga que permita uma rápida saída da área contaminada.

As áreas de manuseio de cloro devem ser dotadas de protetores respiratórios adequados para trabalhos em altas concentrações deste produto químico, ou seja, máscaras panorâmicas com cartuchos para gases ácidos ou máscaras autônomas.

As máscaras devem ficar dispostas em locais fora da área contaminada, observando-se a posição do vento. Se possível deve ser instalada uma biruta para orientação.

As máscaras devem ser limpas e vistoriadas regularmente, quanto à validade dos cartuchos, das cargas dos cilindros de ar e do funcionamento dos seus acessórios. Deve ser mantida uma ficha de inspeção individual e de manutenção de acordo com as instruções do fabricante.

Os cilindros contendo cloro devem ser estocados sempre ao abrigo do sol e da chuva, em área aberta, em boas condições de ventilação natural e acessos desimpedidos, sempre com o capacete de proteção das válvulas.

É necessário que o piso dessas áreas seja cimentado ou pavimentado.

Procedimento de Emergência para Vazamento de Cloro

Medidas de primeiros socorros

Remover a pessoa da área contaminada. Se estiver inconsciente, não dar nada para beber. Retirar as roupas e calçados contaminados. Não aplicar soluções neutralizantes de cloro nas áreas atingidas. Encaminhar a pessoa para atendimento médico.

Em caso de inalação

Remover a pessoa para um ambiente ventilado e descontaminado. Aplique respiração artificial se ela não estiver respirando. Se estiver respirando com dificuldade, aplicar oxigenação por pessoa qualificada. Parando a respiração ou o pulso, aplicar ressuscitação cardio-pulmonar. Encaminhar de imediato para atendimento médico.

Em caso de contato com a pele

Lavar as áreas atingidas com água corrente e sabão, removendo as roupas e calçados contaminados. As roupas contaminadas devem ser lavadas antes de serem novamente utilizadas. Acionar o atendimento médico imediatamente.

Em caso de contato com os olhos

Lavar imediata e continuamente os olhos com água corrente. Durante a lavagem, manter as pálpebras abertas para garantir a irrigação dos olhos e dos tecidos oculares, a fim de obter resultado satisfatório. Providenciar socorro médico imediatamente.

Ações a serem evitadas em caso de vazamento

Não deve ser fornecido leite ou outro produto a fim de neutralizar os efeitos do cloro, bem como aplicar medicamentos sem orientação médica.

Principais sintomas e efeitos

A exposição ao gás resulta em dores de cabeça, inquietação e sensação de sufocamento e lacrimejamento, com redução da capacidade respiratória.

Noções de Primeiros Socorros em Caso de Acidentes

Choque Elétrico nas ETA onde existe também estação elevatória

- Aja com rapidez.
- Afastar a vitima do local da fonte de eletricidade.
- Não aplique manteiga ou outros remédios caseiros.
- Não comprima a região queimada.
- Não aplique água fria ou gelo sobre uma queimadura extensa provocada por eletricidade (mais de 5cm de diâmetro).
- Não arrebente as bolhas nem retire a pele morta ou as roupas que estão grudadas na pele queimada.

Resgate na água

- O traumatismo e não o afogamento é a principal preocupação quando uma pessoa cai ou mergulha em águas rasas.
- Se houver problema respiratório, dor no pescoço, perda da consciência ou paralisia, ou ainda se a vítima esteve em água fria, peça a alguém para obter ajuda médica.

Parada respiratória (PCR)

Como se manifesta?

- Ausência de movimentos respiratórios (Não há expansão pulmonar).
- Ausência de pulso (pulsação carotída, femural, e outras artérias).
- Palidez, pele fria e úmida, presença de cianose de extremidades (pele arroxeada).
- Dilatação de pupilas (pela falta de oxigenação cerebral).

Noções de Primeiros Socorros em Caso de Acidentes

Conceito de Fogo

"Fogo é o resultado de uma reação química em que materiais combustíveis se combinam com o oxigênio do ar produzindo luz e calor"

TRIÂNGULO DO FOGO

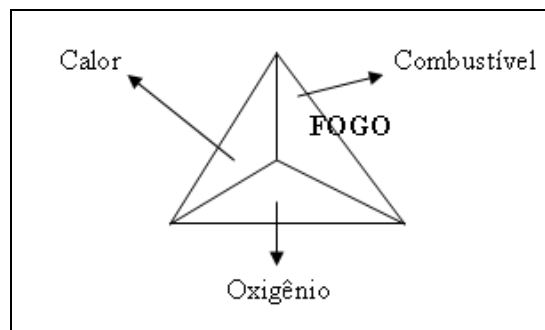



Figura 59. Triângulo do fogo.

Classes de Incêndio

Há quatro classes de incêndio.

CLASSE A – Fogo em material combustível sólido (papel, madeira, tecidos, fibras e etc.). Os materiais de classe A, após a queima, deixam cinzas e brasas.

CLASSE B – Fogo em gases líquidos e inflamáveis (óleo, gasolina, gás liquefeito de petróleo, thinner, gás de rua, etc.). Os produtos da classe B não deixam brasa e queimam na superfície.

CLASSE C – Fogo em equipamentos elétricos energizado.

CLASSE D – Fogo em metais pirofóricos (magnézio, potássio, alumínio e etc.).

Agentes extintores

São substâncias sólidas, gasosas e líquidas, utilizadas na extinção do incêndio, quer seja por resfriamento, quer seja por abafamento ou ainda utilizando, conjuntamente, esses dois processos. Os agentes extintores devem ser empregados conforme a classe de incêndio.

Os principais agentes extintores são: Água pressurizada, pó químico seco e gás carbônico, com capacidades de armazenamento variáveis.

Identificação das Classes de Fogo

- Classe A é identificada pela cor BRANCA
- Classe B é identificada pela cor AZUL
- Classe C é identificada pela cor AMARELA.

Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10396 – Medidores de vazão de fluidos. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12.216 – Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

AINSWORTH, R. Safe piped water: microbial water in piped distribution systems. London: WHO/IWA Publishing, 2004.

APHA – AWWA. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20. ed. USA. 1995.

BARROS, Raphael T. de V. et al. Saneamento – Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

BRASIL. Decreto Presidencial Nº 5.440, de 4 de maio de 2005. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento público e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF, 2005. Disponível em: < http://www.presidencia.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 21 março 2007.

______. Ministério da Saúde. Portaria n.º 36, de 19 de janeiro de 1990. Dispõe sobre as normas e padrões de potabilidade de água para consumo humano. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 1990. Disponível em: < http://www.presidencia.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 21 março 2007.

______. Ministério da Saúde. Portaria N.º 56, de 14 de março de 1977. Aprova as normas e o padrão de potabilidade da água a serem observados em todo território nacional. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 1977. Disponível em: < http://www.presidencia.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 21 março 2007.

______. Ministério da Saúde. Portaria Nº 518, de 23 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 2004.Disponível em: < http://www.presidencia.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 21 março 2007.

______. Ministério da Saúde. Portaria N.º 635/Bsb, de 26 de Dezembro de 1975. Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água, tendo em vista a Lei n.º 6050/74. Diário Oficial da Republica Federatyiva do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 de jan. 1976. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/sms/usu_doc/portaria635.pdf >. Acesso em: 30 de set. 2008.

______. Ministério da Saúde. Portaria Nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 2000. Disponível em: < http://www.presidencia.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 21 março 2007.

______. Ministério do Trabalho. Portaria n° 3.214 de 08 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras – NR – do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Ministério do Trabalho. Brasília, DF, 1978. Disponível em: < http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/MTE/1978/3214.htm>. Acesso em: 18 de setembro de 2008.

______. Ministério da saúde. Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água. Brasília-DF. 2006

______. Fundação Nacional de Saúde. Curso para operadores de estações de tratamento de água. 2005.

CAEMA. Sistema Produtor do Itapecuru – MA. Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão (CAEMA). Disponível em: < http:// www.caema.ma.gov.br/ListarDocumentos.aspx?>. Acesso em: 09 abril 2007.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. G. Environmental health engineering in the tropics: an introductory text. 4.ed. Chichester: John Wiley e Sons, 1990. 283p.

CARUSO, L. Avaliação da qualidade analítica dos dados sobre fibra alimentar – um modelo. Dissertação mestrado: Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1998. 140 p.

CESAN. Manual de operação de elevatórias – notas de aula do curso de sistemas de abastecimento de Água. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 1986.

CONANA. Resolução n.º 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: CONAMA, 2005.

DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água*.* Editora RiMA, RJ, 2 v. 2006

DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. Vol. 1. Rio de Janeiro: ABES, 1993.

FERNANDES, C. Tratamento de Agua. Disponível em: < http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/>. Acesso em: 12 de jul. de 2007.

HELLER, L. & DE PÁDUA, V. L. (org.) Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859p.

HESPANHOL, I.; AMARAL E SILVA; C. C. Manual para operadores de estações de tratamento de água (Tradução). Faculdade de Saúde Pública - USP. São Paulo, 1971.

IBGE. Atlas de saneamento. Coordenação de Geografia – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/index.html. Acesso em: 22 abril 2007.

INTRODUÇÃO À MEDIÇÃO DE VAZÃO - Notas de Aula do Curso: Métodos Experimentais para Engenharia Mecânica. Prof. Luís Fernando A. Azevedo. Departamento de Engenharia Mecânica. PUC-Rio.

KAWAMURA, S. Integrated design and operation of water treatment facilities. 2. ed. USA: John Wiley and Sons, 2000. Disponível em: < http://books.google.com/books>. Acesso em: 25 de jan. de 2007.

LEME, F. P. Teoria e Técnicas de Tratamento de Água. 2. Ed. Rio de Janeiro: ABES, 1990.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água. Campinas: Átomo, 2005

MAIA NETO, R. F. Água para o desenvolvimento sustentável. A água em revista. Revista técnica informativa da CPRM. Ano V, n9. Novembro, 1997.

MANFRINI, C. Produtos Químicos: dosagem e aplicação. In: AZEVEDO NETTO, J. M. et all. Técnica de abastecimento e tratamento de água. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987, 2v.:il.

MARMO, O. L. Qualidade e confiabilidade dos dados analíticos. In: RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., PASTORE, G. M. (Ed.) Ciência de alimentos: avanços e perspectivas na América Latina. Campinas: UNICAMP, 1997. p. 52-54.

MENDES, C. G. da N, et all. Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. In: Projeto PROSAB. Di Bernardo, L. (coordenador); Rio de Janeiro: ABES, RiMa498 p. : il.. 2003.

NIEMCZYNOWICZ, J. Water management and urban development – a call for realistic alternatives for the future. Impact of Science on Society, v. 42, n. 166, p. 131-147, 1992.

NOGAMI, S. P. Bombas e sistemas de recalque. São Paulo, CETESB, 1974.

Nogueira, Adenilson. Apostilha sobre Manuseio e Transporte de Cloro. (Beraca/Sabará).
FISPQ – Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico.
Catálogos de Produtos (3M, MAS, FUGIWARA)

PÁDUA, V. L.; FERREIRA, A. C. S. Qualidade da água para consumo humano. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (org.). Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2006. p.156.

PARSEKIAN, M. P. S. Análise e proposta de formas de gerenciamento de estações de tratamento de águas de abastecimento completo em cidades de porte médio do estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

PAULO NETO, J. Manual de operação da ETA do sistema adutor do Cariri. João Pessoa, 2002. 85p.

PNUD. A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água. Relatório do Desenvolvimento Humano. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. New York, USA, 2006.

POSTEL, S. Enfrentando a Escassez de Água. Salve o Planeta – Qualidade de Vida –Worldwatch Institute, 1993.

RAMIRES, I.; BUZALAF, M. A. R. A fluoretação da água de abastecimento público e seus benefícios no controle da cárie dentária: cinqüenta anos no Brasil. Ciênc. saúde coletiva., Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, 2007. Disponível em: <http://www.scielosp.org/scielo.php?script=

sci_arttext&pid=S141381232007000400027&lng =pt&nrm=iso>. Acesso em: 24 Ago 2007. Pré-publicação.

RICHER, C. A. e AZEVEDO NETO, J.M. -Tratamento de água – Tecnologia atualizada, 1991. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda

SABESP. Determinação de Cor. IT. 05-02/01 Página: 1-2. São Paulo, 2006.

______. Procedimento Operacional Físico-Químico. Divisão de Controle Sanitário e Ambiental – RSOC. São Paulo, 2006.

SABESP. Procedimento Operacional Físico-Químico. Procedimento Operacional para Determinação de Cor Aparente em Água. Documento: POP-FQ- 02 v.3. São Paulo, 2005.

SABESP. Procedimento Operacional para Determinação de Turbidez. Método: Nefelométrico. IT-RSOC-006. 22/11/06. p. 2-5. Divisão de Controle Sanitário e Ambiental – RSOC. São Paulo, 2006.

______. Procedimento para Determinação de Fluoreto em Água – Método Potenciométrico. P.6-9. POP-INORG.001. 2006

SABESP. Procedimentos Analíticos para Determinação de Parâmetros Controle Sanitário em ETA, São Paulo, 2005

Secretaria dos Serviços e Obras Públicas. Operação e manutenção de ETA, São Paulo, CETESB, 1973.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. Manual de análises físico-quimicas de águas de abastecimento e residuárias. Campina Grande – PB. 2001. 266p.

SINDISAN – Sindicato dos Trabalhadores na Indústria de Purificação e Distribuição de Água e em Serviço de Esgoto do Estado de Sergipe. 2007. Disponível em: <http://www.sindisan.org.br/ler.asp?id=12&titulo=ban2-aguatratada>.Acesso em 30/08/2007.

SINIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: uma visão geral da pretação dos serviços de áua e esgoto – 2004. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2005

TRATAMENTO. Estações de Tratamento de Água (Portal Tratamento de Água) http://www.tratamentodeagua.com.br. 2007. Acesso em 31/07/07.

UNIAGUA – Universidade da água. São Paulo. Disponível em <http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=aguaplaneta.htm> Acesso em 11

UNICAMP. Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais – Módulo Saneamento Ambiental. Disponível em: < http://www.fec.unicamp.br/~bdta/modulos/saneamento/lodo/lodo.htm> Acesso em: 21 de ago. de 2007.

USEPA. Environmental pollution control alternatives: drinking water treatment for small communits. United States Environmental Protection Agency – USEP. Cincinnati: EPA, 1990.

WHO. Guidelines for drinking-water quality. v. 1, 3 ed. Genebra: World Health Organization, 2004. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3/en/. Acesso em: 24 de mar. de 2006.